TÜV RHEINLAND
ENERGIE UND UMWELT GMBH

Report on performance testing of the Fidas® 200 S measuring system manufactured by PALAS GmbH for the components suspended particulate matter PM_{10} and $PM_{2.5}$

TÜV-report: 936/21218896/A
Cologne, 20th September 2013

www.umwelt-tuv.de

teu-service@de.tuv.com

The department of Environmental Protection of TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH
is accredited for the following work areas:

- Determination of air quality and emissions of air pollution and odour substances;
- Inspection of correct installation, function and calibration of continuously operating emission measuring instruments, including data evaluation and remote emission monitoring systems;
- Combustion chamber measurements;
- Performance testing of measuring systems for continuous monitoring of emissions and ambient air, and of electronic data evaluation and remote emission monitoring systems;
- Determination of stack height and air quality projections for hazardous and odour substances;
- Determination of noise and vibration emissions and pollution, determination of sound power levels and execution of sound measurements at wind energy plants

according to EN ISO/IEC 17025.

The accreditation is valid up to 22-01-2018. DAkkS-register number: D-PL-11120-02-00.

Reproduction of extracts from this test report is subject to written consent.

TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH
D - 51105 Cologne, Am Grauen Stein, Tel: +49 221 806-5200, Fax: +49 221 806-1349

Blank page

DAkkS
Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-11120-02-00

Report on performance testing of the Fidas® 200 S measuring system manufactured by PALAS GmbH for the components suspended particulate matter PM10 and PM2.5

Instrument tested: Fidas® 200 S

Manufacturer:
PALAS GmbH
Greschbachstraße 3b
76229 Karlsruhe
Germany

Test period: April 2012 until September 2013

Date of report: 20th September 2013

Report number: 936/21218896/A

Editor:
Dipl.-Ing. Karsten Pletscher
Tel.: +49 221 806-2592
karsten.pletscher@de.tuv.com

Scope of report:

Report:		195	pages
Annex	Page	196	pp.
Manual	Page	243	pp.
Manual	of	210	Pages
Total		476	Pages

Blank page

Contents

1. GENERAL AND CERTIFICATION PROPOSAL 13

1.1 General 13

1.2 Certification proposal 18

1.3 Summary of test results 20

2. TASK DEFINITION 30

2.1 Nature of test 30

2.2 Objective 30

3. DESCRIPTION OF THE AMS TESTED 31

3.1 Measuring principle 31

3.2 Principle of operation 35

3.3 AMS scope and setup 37

4. TEST PROGRAMME 49

4.1 General 49

4.2 Laboratory test 49

4.3 Field test 51

5. REFERENCE MEASUREMENT METHOD 63

6. TEST RESULTS 64

6.1 4.1.1 Measured value display 64

6.1 4.1.2 Easy maintenance 65

6.1 4.1.3 Functional check 67

6.1 4.1.4 Setup times and warm-up times 69

6.1 4.1.5 Instrument design 71

6.1 4.1.6 Unintended adjustmenr 72

6.1 4.1.7 Data output 73

6.1 5.1 General 75

6.1 5.2.1 Certification ranges 76

6.1 5.2.2 Measuring range 77

6.1 5.2.3 Negative output signals 78

6.1 5.2.4 Failure in the mains voltage 79

6.1 5.2.5 Operating states 80

6.1 5.2.6 Switch-over 81

6.1 5.2.7 Maintenance interval 82

6.1 5.2.8 Availability 83

6.1 5.2.9 Instrument software 85

6.1 5.3.1 General 87

6.1 5.3.2 Repeatability standard deviation at zero point 89

6.1 5.3.3 Repeatability standard deviation at reference point 91

6.1 5.3.4 Linearity (lack of fit) 92

6.1 5.3.5 Sensitivity coefficient of sample gas pressure 93

6.1 5.3.6 Sensitivity coefficient of sample gas temperature 94

6.1 5.3.7 Sensitivity coefficient of surrounding temperature 95

6.1 5.3.8 Sensitivity coefficient of supply voltage 99

6.1 5.3.9 Cross-sensitivity 101

6.1 5.3.10 Averanging effect 102

6.1 5.3.11 Standard deviation from paired measurements 103

6.1 5.3.12 Long-term drift 105

6.1 5.3.13 Short-term drift 114

6.1 5.3.14 Response time 115

6.1 5.3.15 Difference between sample and calibration port 116

6.1 5.3.16 Converter efficiency 117

6.1 5.3.17 Increase of NO_2 concentration due to residence in the AMS 118

6.1 5.3.18 Overall uncertainty 119

6.1 5.4.1 General 120

6.1 5.4.2 Equivalency of the sampling system 121

6.1 5.4.3 Reproducibility of the sampling systems 129

6.1 5.4.4 Calibration 134

6.1 5.4.5 Cross sensitivity 137

6.1 5.4.6 Averaging effect 141

6.1 5.4.7 Constancy of sample volumetric flow 142

6.1 5.4.8 Tightness of the measuring system 145

6.1 Methodology of the equivalence check (modules 5.4.9 – 5.4.11) 147

6.1 5.4.9 Determination of uncertainty between systems under test u_{bs} 148

6.1 5.4.10 Calculation of expanded uncertainty between systems under test 160

6.1 5.4.11 Application of correction factors and terms 183

6.1 5.5 Requirements on multiple-component measuring systems 191

7. RECOMMENDATIONS FOR PRACTICAL USE 192

8. LITERATURE 194

9. ANNEX 195

Tables

Table 1: Description of test sites 17
Table 2: Device-related data of the Fidas® 200 S (manufacturer's data) 47
Table 3: Matrix on the influence of a peak shift on the mass concentration 50
Table 4: Field test sites 52
Table 5: Ambient conditions at the field test sites, daily mean values 59
Table 6: Results of the Grubbs' outlier test – reference PM_{10} 60
Table 7: Results of the Grubbs' outliner test – reference $PM_{2.5}$ 60
Table 8: Discarded reference PM_{10} value pairs according to Grubbs 61
Table 9: Discarded reference $PM_{2.5}$ value pairs according to Grubbs 61
Table 10: Used filter materials 62
Table 11: Certification ranges 76
Table 12: Determination of availability (without test-related downtimes) 84
Table 13: Determination of availability (incl. test-related downtimes) 84
Table 14: Detection limit PM_{10} 90
Table 15: Detection limit $PM_{2.5}$ 90
Table 16: Dependence of zero point on ambient temperature, deviations in µg/m³, mean value of three measurements, PM_{10}, SN 0111 & SN 0112 97
Table 17: Dependence of zero point on ambient temperature, deviations in µg/m³, mean value of three measurements, $PM_{2.5}$, SN 0111 & SN 0112 97
Table 18: Dependence of sensitivity (CalDust 1100) on ambient temperature, deviation in %, mean value of three measurements, PM_{10}, SN 0111 & SN 0112 98
Table 19: Dependence of sensitivity (CalDust 1100) on ambient temperature, deviation in %, mean value of three measurements, $PM_{2.5}$, SN 0111 & SN 0112 98
Table 20: Dependence of measured value on supply voltage, deviation in %, PM_{10}, SN 0111 & SN 0112 100
Table 21: Dependence of measured value on supply voltage, deviation in %, $PM_{2.5}$, SN 0111 & SN 011212 100
Table 22: Concentration mean values, standard deviation, uncertainty range, and reproducibility in the field, measured component PM_{10} 104
Table 23: Concentration mean values, standard deviation, uncertainty range, and reproducibility in the field, measured component $PM_{2.5}$ 104
Table 24: Zero point drift SN 0111 & SN 0112, PM_{10}, with zero filter 107
Table 25: Zero point drift SN 0111 & SN 0112, $PM_{2.5}$, with zero filter 108
Table 26: Sensitivity drift SN 0111 & SN 0112, PM_{10} 111
Table 27: Sensitivity drift SN 0111 & SN 0112, $PM_{2.5}$ 111
Table 28: Results of the linear regression analysis of measurements with both candidates SN 0111 and SN 0112 at all four sites, raw data 123
Table 29: Results of the linear regression analysis of measurements with both candidates SN 0111 and SN 0112 (total), raw data 123
Table 30: Two-sided 95% confidence interval CI_{95} for the tested devices SN 0111 and SN 0112 131
Table 31: Results of the calibration function and analytical function, measured component PM_{10} 135
Table 32: Results of the calibration function and analytical function, measured component $PM_{2.5}$ 135
Table 33: Deviation between reference measurement and candidate on days with a relative humidity of > 70 %, measured component $PM_{2.5}$ 138

Table 34: Deviation between reference measurement and candidate on days with a relative humidity of > 70 %, measured component PM_{10} 139
Table 35: Comparison of the candidates 0111 / 0112 with the reference device, rel. humidity > 70 %, all test sites, measured component $PM_{2.5}$ 139
Table 36: Comparison of the candidates 0111 / 0112 with the reference device, rel. humidity > 70 %, all test sites, measured component PM_{10} 140
Table 37: Results of flow rate checks 143
Table 38: Parameters for total flow measurement (24 h mean), SN 0111 & SN 0112 143
Table 39: Results from leakage testing during the field tests 146
Table 40: Uncertainty between candidates u_{bs} for the devices SN 0111 and SN 0112, measured component $PM_{2.5}$ 150
Table 41: Uncertainty between candidates u_{bs} for the devices SN 0111 and SN 0112, measured component PM_{10} 151
Table 42: Overview of equivalence test of Fidas® 200 S for $PM_{2.5}$ 163
Table 43: Overview of equivalence test of Fidas® 200 S for PM_{10} 166
Table 44: Uncertainty between reference devices u_{ref} for $PM_{2.5}$ 170
Table 45: Uncertainty between reference devices u_{ref} for PM_{10} 170
Table 46: Summary of the results of the equivalence test, SN 0111 & SN 0112, measured component $PM_{2.5}$ after correction of slope / intercept 187
Table 47: Summary of the results of the equivalence test, SN 0111 & SN 0112, measured component PM_{10} after correction of slope / intercept 189
Table 48: Stability of standard weight 240
Table 49: Stability of the control filters 242

Figures

Figure 1: Design of the Fidas® sensor 31
Figure 2: Graphical representation of the T-aperture 31
Figure 3: Calibration curve for 90° scattered light detection with monochromatic light source (left) and with polychromatic light source (right) 32
Figure 4: Measurement of scattered light signal at one single particle. Amplitude and signal length are being measured 32
Figure 5: Comparison of an optical light scattering spectrometer with rectangular aperture (HC15, red) with an optical scattering light spectrometer with T-aperture (welas®, blue) upon application of monodisperse 5 µm particles....33
Figure 6: Comparison of results of a measurement carried out in close proximity to a street between the Fidas® measuring system (size range from 0.18 µm, blue curve) and another optical measuring system (size range from 0.25 µm, red curve) 33
Figure 7: Schematic view of the Fidas® 200 S....35
Figure 8: Overview of the measurement steps of the Fidas® 200 S....36
Figure 9: Overview Fidas® 200 S complete system....37
Figure 10: Sigma-2-sampling head for the Fidas® 200 S....38
Figure 11: Sampling line with IADS for the Fidas® 200 S 38
Figure 12: Control unit of the Fidas® 200 S 39
Figure 13: Weather station WS600-UMB 39
Figure 14: Fidas® 200 S measuring systems on measuring station....40
Figure 15: Main menu....41
Figure 16: “data” menu 42
Figure 17: “device status” menu....43
Figure 18: Zero filter 45
Figure 19: CalDust 1100 for verification / calibration of sensitivity....46
Figure 20: Course of $PM_{2.5}$ concentrations (reference) at test site “Cologne, summer” 53
Figure 21: Course of $PM_{2.5}$ concentrations (reference) at test site “Cologne, winter”....53
Figure 22: Course of $PM_{2.5}$ concentrations (reference) at test site “Bonn, winter”....54
Figure 23: Course of $PM_{2.5}$ concentrations (reference) at test site “Bornheim, summer” ...54
Figure 24: Course of PM_{10} concentrations (reference) at test site “Cologne, summer” 55
Figure 25: Course of PM_{10} concentrations (reference) at test site “Cologne, winter” 55
Figure 26: Course of PM_{10} concentrations (reference) at test site “Bonn, winter” 56
Figure 27: Course of PM_{10} concentrations (reference) at test site “Bornheim, summer” ...56
Figure 28: Field test site Cologne, summer & winter 57
Figure 29: Field test site Bonn, winter 57
Figure 30: Field test site Bornheim, summer....58
Figure 31: Display of measured concentrations 64
Figure 32: Rear side of the Fidas® 200 S control unit....74
Figure 33: Display of software version – here 100327EN – the label “EN” was only used by Palas in order to mark the firmware used in the performance test and will not appear in the future 86
Figure 34: Zero point drift SN 0111, measured component $PM_{2.5}$ 109
Figure 35: Zero point drift SN 0111, measured component PM_{10} 109
Figure 36: Zero point drift SN 0112, measured component $PM_{2.5}$ 110
Figure 37: Zero point drift SN 0112, measured component PM_{10} 110
Figure 38: Drift of the measured value SN 0111, measured component $PM_{2.5}$ 112
Figure 39: Drift of the measured value SN 0111, measured component PM_{10} 112
Figure 40: Drift of the measured value SN 0112, measured component $PM_{2.5}$ 113
Figure 41: Drift of the measured value SN 0112, measured component PM_{10} 113
Figure 42: Reference equivalence function SN 0111, test site Cologne, summer 124

Figure 43: Reference equivalence function SN 0112, test site Cologne, summer 124
Figure 44: Reference equivalence function SN 0111, test site Cologne, winter.....125
Figure 45: Reference equivalence function SN 0112, test site Cologne, winter.....125
Figure 46: Reference equivalence function SN 0111, test site Bonn, winter.....126
Figure 47: Reference equivalence function SN 0112, test site Bonn, winter.....126
Figure 48: Reference equivalence function SN 0111, test site Bornheim, summer 127
Figure 49: Reference equivalence function SN 0112, test site Bornheim, summer 127
Figure 50: Reference equivalence function SN 0111, all sites 128
Figure 51: Reference equivalence function SN 0112, all sites 128
Figure 52: Results of parallel measurements with the tested devices SN 0111 / SN 0112, test site Cologne, summer 131
Figure 53: Results of parallel measurements with the tested devices SN 0111 / SN 0112, test site Cologne, winter 132
Figure 54: Results of parallel measurements with the tested devices SN 0111 / SN 0112, test site Bonn, winter 132
Figure 55: Results of parallel measurements with the tested devices SN 0111 / SN 0112, test site Bornheim, summer 133
Figure 56: Results of parallel measurements with the tested devices SN 0111 / SN 0112, all test sites.....133
Figure 57: Flow rate of device SN 0111 144
Figure 58: Flow rate of device SN 0112 144
Figure 59: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, all test sites 152
Figure 60: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, test site Cologne, summer.....152
Figure 61: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, test site Cologne, winter 153
Figurer 62: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, test site Bonn, winter 153
Figure 63: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, test site Bornheim, summer.....154
Figure 64: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, all test sites, values ≥ 18 µg/m³ 154
Figure 65: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, all test sites, values < 18 µg/m³ 155
Figure 66: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component PM_{10}, all test sites 156
Figure 67: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component PM_{10}, test site Cologne, summer.....156
Figure 68: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component PM_{10}, test site Cologne, winter.....157
Figure 69: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component PM_{10}, test site Bonn, winter.....157
Figure 70: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component PM_{10}, test site Bornheim, summer.....158
Figure 71: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component PM_{10}, all test sites, values ≥ 30 µg/m³.....158
Figure 72: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component PM_{10}, all test sites, values < 30 µg/m³.....159
Figure 73: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component $PM_{2.5}$, all test sites.....171

Figure 74: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, all test sites 171
Figure 75: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component $PM_{2.5}$, Cologne, summer 172
Figure 76: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, Cologne, summer 172
Figure 77: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component $PM_{2.5}$, Cologne, winter 173
Figure 78: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, Cologne, winter 173
Figure 79: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component $PM_{2.5}$, Bonn, winter 174
Figure 80: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, Bonn, winter 174
Figure 81: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component $PM_{2.5}$, Bornheim, summer 175
Figure 82: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, Bornheim, summer 175
Figure 83: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component $PM_{2.5}$, values ≥ 18 µg/m³ 176
Figure 84: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, values ≥ 18 µg/m³ 176
Figure 85: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component PM_{10}, all test sites 177
Figure 86: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component PM_{10}, all test sites 177
Figure 87: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component PM_{10}, Cologne, summer 178
Figure 88: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component PM_{10}, Cologne, summer 178
Figure 89: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component PM_{10}, Cologne, winter 179
Figure 90: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component PM_{10}, Cologne, winter 179
Figure 91: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component PM_{10}, Bonn, winter 180
Figure 92: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component PM_{10}, Bonn, winter 180
Figure 93: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component PM_{10}, Bornheim, summer 181
Figure 94: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component PM_{10}, Bornheim, summer 181
Figure 95: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component PM_{10}, values ≥ 30 µg/m³ 182
Figure 96: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component PM_{10}, values ≥ 30 µg/m³ 182
Figure 97: Stability of standard weight 239
Figure 98: Stability of the control filters 241

1. General and certification proposal

1.1 General

According to Directive 2008/50/EC dated 21st May 2008 (replaces air quality framework directive 96/62/EC dated 27th September 1996 including the related daughter directives 1999/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC as well as the Council decision 97/101/EC) on "ambient air quality and cleaner air for Europe", the reference method for measuring the PM_{10} concentration as per "Air quality – Determination of the PM_{10} fraction of suspended particulate matter – Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods of equality" given in EN 12341 and the reference method for measuring the $PM_{2,5}$ concentration as per "Ambient air quality – Standard gravimetric measurement method for the determination of the $PM_{2.5}$ mass fraction of suspended particulate matter" given in EN 14907 shall be used. A Member State can, in the case of particulate matter, use any other method which the Member State concerned can demonstrate displays a consistent relationship to the reference method. In that event the results achieved by that method must be corrected to produce results equivalent to those that would have been achieved by using the reference method (2008/50/EC, Annex VI, B).

The Guide "Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods" [5] which was developed by an ad-hoc EC working group in January 2010

(Source: http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/equivalence.pdf)

describes a method for testing for equivalence of non-standardised measurement methods.

The requirements set out in the Guide for equivalence testing have been included in the last revision of the VDI Standards 4202, Sheet 1 and VDI 4203, Sheet 3.

In this performance testing the following limit values were applied:

	$PM_{2.5}$	**PM_{10}**
Daily limit DL (24 h)	Not defined	50 µg/m³
Annual limit AL (1 a)	25 µg/m³*	40 µg/m³

as well as for the calculations according to the Guide [5]

	$PM_{2.5}$	**PM_{10}**
Limit value	30 µg/m³	50 µg/m³

The 2002 VDI guideline 4202, Sheet 1 describes the “Minimum requirements for suitability tests for ambient air quality systems”. General parameters for the related tests are set out in VDI Standard 4203, Sheet 1 “Testing of automated measuring systems – General concepts” of October 2001 and further specified in VDI 4203, Sheet 3 “Testing of automated measuring systems – Test procedures for point-related ambient air measuring systems for gaseous and particulate air pollutants” of August 2004.

VDI Standards 4202, Sheet 1 and 4203, Sheet 3 underwent extensive revision and were newly published in September 2010. Unfortunately, after this revision there are some ambiguities and contradictions in relation to the performance testing of particulate measuring systems as far as minimum requirements on the hand and the general relevance of test items on the other hand are concerned. The following test items require clarification:

6.1 5.3.2 Repeatability standard deviation at zero point

→ no minimum requirement defined

6.1 5.3.3 Repeatability standard deviation at reference point

→ not relevant to particulate measuring systems

6.1 5.3.4 Linearity (lack of fit)

→ not relevant to particulate measuring systems

6.1 5.3.7 Sensitivity coefficient of surrounding temperature

→ no minimum requirement defined

6.1 5.3.8 Sensitivity coefficient of supply voltage

→ no minimum requirement defined

6.1 5.3.11 Standard deviation from paired measurements

→ no minimum requirement defined

6.1 5.3.12 Long-term drift

→ no minimum requirement defined

6.1 5.3.13 Short-term drift

→ not relevant to particulate measuring systems

6.1 5.3.18 Overall uncertainty

→ not relevant to particulate measuring systems, covered by 5.4.10.

In order to determine a concerted procedure for dealing with the inconsistencies in the guidelines, an official enquiry was directed to the competent body in Germany.

The following procedure was suggested:

As before, the test items 5.3.2, 5.3.7, 5.3.8, 5.3.11, and 5.3.12 are evaluated based on the minimum requirements set out in VDI 4202, Sheet 1 of 2002 (i.e. using the reference values B_0, B_1, and B_2).

The test items 5.3.3, 5.3.4, 5.3.13, and 5.3.18 are omitted as they are not relevant to particulate measuring systems.

The competent body in Germany approved of the suggested procedure by decisions of 27 June 2011 and 7 October 2011.

The reference values which shall be used according to the applied guidelines explicitly refer to the measured component $PM_{10.}$ Therefore, the following reference values are suggested for the measured component $PM_{2.5}$:

	$PM_{2,5}$	**PM_{10}**
B_0	2 µg/m³	2 µg/m³
B_1	25 µg/m³	40 µg/m³
B_2	200 µg/m³	200 µg/m³

B_1 shall merely be adjusted to the level of the limit value for the annual mean.

PALAS GmbH has commissioned TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH to carry out a performance test of the Fidas® 200 S measuring system for the components suspended particulate matter PM_{10} and $PM_{2.5}$.

- VDI Standard 4202, Sheet 1, “Performance criteria for performance tests of automated ambient air measuring systems – Point-related measurement methods for gaseous and particulate air pollutants”, September 2010/June 2002
- VDI Standard 4203, Sheet 3, “Testing of automated measuring systems – Test procedures for point-related ambient air measuring systems for gaseous and particulate air pollutants”, September 2010/August 2004
- Standard EN 12341, “Air quality – Determination of the PM_{10} fraction of suspended particulate matter – Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods of equality”, German version EN 12341: 1998
- Standard EN 14907, “Ambient air quality – Standard gravimetric measurement method for the determination of the $PM_{2.5}$ mass fraction of suspended particulate matter”, German version EN 14907: 2005
- Guidance document “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”, English version of January 2010

The measuring system Fidas® 200 S operates according to the principle of scattered light measurement using a combination of a polychromatic LED and 90°scattered light detection to measure dust concentrations. By means of a pump ambient air is sucked in via a Sigma-2 sampling head (4.8 l/min @ 25 °C and 1013 hPa) and led through the sampling line into the actual measuring system. The sampling line contains a heater for the IADS (Intelligent Aerosol Drying System) to avoid condensation on the particles. After passing through the sampling line, the aerosol directly passes through the aerosol sensor where particle number concentration and particle size are measured simultaneously in real time, yet separately, by means of optical light scattering.

The tests were performed in the laboratory and during a field test that lasted several months.

The field test which lasted several months was performed at the test sites given in Table 1.

Table 1: Description of test sites

	Cologne, parking lot, summer	Cologne, parking lot, winter	Bonn, street crossing, winter	Bornheim, motorway parking area, summer
Period	05/2012 – 09/2012	11/2012 – 02/2013	02/2013 – 05/2013	05/2013 – 07/2013
No. of paired values: candidates	101	66	60	58
Characteristics	Urban background	Urban background	Influenced by traffic	Rural structure + motorway
Level of ambient air pollution	Low to average	Average to high	Average to high	Low

The minimum requirements were fulfilled during performance testing.

TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH therefore suggests its approval as a performance tested measuring system for continuous monitoring of ambient air pollution by suspended particulate matter PM_{10} and $PM_{2.5}$.

1.2 Certification proposal

Due to the positive results achieved, the following recommendation is put forward for the notification of the AMS as a performance-tested measuring system:

AMS designation:
Fidas® 200 S for suspended particulate matter PM_{10} and $PM_{2.5}$

Manufacturer:
PALAS GmbH, Karlsruhe

Field of application:
Continuous and parallel measurement of the PM_{10} and $PM_{2.5}$ fractions in ambient air (stationary operation).

Measuring ranges during performance testing:

Component	Certification range	Unit
PM_{10}	0 – 10.000	µg/m³
$PM_{2,5}$	0 – 10.000	µg/m³

Software versions:

Measuring system:	100327
Implemented evaluation algorithm:	PM_ENVIRO_0011
Evaluation software PDAnalyze:	1.010

Restrictions:
None

Notes:

1. The requirements according to the guide “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods” are met for the measured components PM_{10} und $PM_{2.5}$.
2. At the Cologne site (summer), one of the candidates did not meet the requirements in regard to the variation coefficient R^2 as specified in Standard EN 12341.
3. The sensitivity of the particle sensor shall be checked with CalDust 1100 once a month.
4. The measuring system shall be calibrated on site with the gravimetric PM_{10} reference method as per EN 12341 on a regular basis.
5. The measuring system shall be calibrated on site with the gravimetric $PM_{2.5}$ reference method as per EN 14907 on a regular basis.
6. This report on the performance testing can be viewed on the internet at www.qal1.de.

Test report:

TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, Cologne
Report no.: 936/21218896/A of 20th September 2013

1.3 Summary of test results

Performance criterion		Specification	Test result	Fulfilled	Page
4	Requirements on instrument design				
4.1	General requirements				
4.1.1	Measured value display	Shall be available.	The measuring system provides a display that shows the measured values.	yes	64
4.1.2	Easy maintenance	Necessary maintenance of the measuring systems should be possible without larger effort, if possible from outside.	Maintenance work can be carried out from the outside with commonly available tools and reasonable time and effort.	yes	65
4.1.3	Functional check	If the operation or the functional check of the measuring system requires particular instruments, they shall be considered as part of the measuring system and be applied in the corresponding sub-tests and included in the assessment.	All functions described in the operator's manual are available, can be activated, and work properly.	yes	68
4.1.4	Setup times and warm-up times	Shall be specified in the instruction manual.	Setup and warm-up times were determined.	yes	70
4.1.5	Instrument design	Shall be specified in the instruction manual.	The instrument design specifications listed in the operator's manual are complete and correct.	yes	71
4.1.6	Unintended adjustment	It shall be possible to secure the adjustment of the measuring system against illicit or unintended adjustment during operation.	The measuring system is secured against illicit or unintentional adjustments of instrument parameters. Additional protection against unauthorized access is provided by the lockable door of the weatherproof housing.	yes	72
4.1.7	Data output	The output signals shall be provided digitally and/or as analogue signals	The test signals are provided digitally (via Ethernet, RS232, and USB).	yes	73

Performance criterion	Requirement	Test result	Fulfilled	Page
5. Performance criteria				
5.1 General	The manufacturer's specifications in the instruction manual shall not contradict the results of the performance test.	No differences between the instrument design and the descriptions given in the manuals were found.	yes	75
5.2 General requirements				
5.2.1 Certification ranges	Shall comply with the requirements of Table 1 of VDI Standard 4202, Sheet 1.	Assessment of AMS in the range of the relevant limit values is possible.	yes	76
5.2.2 Measuring range	The upper limit of measurement of the measuring systems shall be greater or equal to the upper limit of the certification range.	The upper limit of measurement is greater than the corresponding upper limit of the certification range.	yes	77
5.2.3 Negative output signals	Negative output signals or measured values may not be suppressed (life zero).	Negative output signals are directly displayed by the AMS and can be output via corresponding data outputs. Yet, they are not to be expected due to measuring principle and instrument design.	yes	78
5.2.4 Failure in the mains voltage	Uncontrolled emission of operation and calibration gas shall be avoided. The instrument parameters shall be secured by buffering against loss caused by failure in the mains voltage. When mains voltage returns, the instrument shall automatically reach the operation mode and start the measurement according to the operating instructions.	All parameters are secured against loss by buffering. When mains voltage returns the AMS goes back to failure-free operation mode and automatically resumes measuring after reaching the "device ready" instrument status.	yes	79
5.2.5 Operating states	The measuring system shall allow the control of important operating states by telemetrically transmitted status signals.	The measuring systems can be monitored and operated extensively from an external PC via modem or router.	yes	80
5.2.6 Switch-over	Switch-over between measurement and functional check and/or calibration shall be possible telemetrically by computer control or manual intervention.	In principle, all necessary operations for performing a functional check can be monitored directly on the system or via telemetric remote control.	yes	81
5.2.7 Maintenance interval	If possible 3 months, minimum 2 weeks.	The maintenance interval of 4 weeks has been determined by regular checks of the particle sensor with CalDust 1100.	yes	82

Performance criterion	Specification	Test result	Fulfilled	Page
5.2.8 Availability	Minimum 95 %.	The availability was 99.4 % for SN 0111 and 99.1 % for SN 0112 without test-related downtimes. Including test-related downtimes it was 90.6 % for SN 0111 and 90.3 % for SN 0112.	yes	83
5.2.9 Instrument software	The version of the instrument software to be tested shall be displayed during switch-on of the measuring system. The test institute shall be informed on changes in the instrument software, which have influence on the performance of the measuring system.	The version of the instrument software is displayed during switch-on of the measuring system and can be viewed at all times in the “expert user menu”. The test institute is informed on any changes in the instrument software. Mass concentration values are determined by means of the PM_ENVIRO_0011 evaluation algorithm. The validation of an additional evaluation algorithm demands explicit attestation of compliance with the minimum requirements on the basis of the raw datasets obtained during this performance test.	yes	85
5.3 Requirements on measuring systems for gaseous air pollutants				
5.3.1 General	Minimum requirement according to VDI 4202, Sheet 1.	The test was carried out on the basis of the performance criteria stated in VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010). However, the test items 5.3.2, 5.3.7, 5.3.8, 5.3.11, and 5.3.12 were evaluated on the basis of the performance criteria stated in the 2002 version of VDI Standard 4202, Sheet 1 (i.e. applying the reference values B0, B1, and B2). The test items 5.3.3, 5.3.4, 5.3.13, and 5.3.18 were omitted as they are irrelevant to particulate measuring devices.	yes	87
5.3.2 Repeatability standard deviation at zero point	The repeatability standard deviation at zero point shall not exceed the requirements of Table 2 in the certification range according to Table 1 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010). For PM: Max. B_0.	The tests resulted in detection limits of 8.7 x 10-4 µg/m³ (PM10) and 8.7 x 10-4 µg/m³ (PM2.5) for System 1 (SN 0111), and 6.6 x 10-7 µg/m³ (PM10) and 6.6 x 10-7 µg/m³ (PM2.5) for System 2 (SN 0112).	yes	89
5.3.3 Repeatability standard deviation at reference point	The repeatability standard deviation at reference point shall not exceed the requirements of Table 2 in the certification range according to Table 1 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).	Not applicable.	-	91

Performance criterion	Specification	Test result	Fulfilled	Page
5.3.4 Linearity (lack of fit)	The analytical function describing the relationship between the output signal and the value of the air quality characteristic shall be linear.	Particulate measuring systems for PM10 shall be tested according to performance criterion 5.4.2 “Equivalency of the sampling system”. Particulate measuring systems for PM2.5 shall be tested according to performance criterion 5.4.10 “Calculation of expanded uncertainty between systems under test”.	-	92
5.3.5 Sensitivity coefficient of sample gas pressure	The sensitivity coefficient of the sample gas temperature at reference point shall not exceed the specifications of Table 2 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).	Not applicable.	-	93
5.3.6 Sensitivity coefficient of sample gas temperature	The sensitivity coefficient of the surrounding temperature at zero and reference point shall not exceed the specifications of Table 2 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).	Not applicable.	-	94
5.3.7 Sensitivity coefficient of surrounding temperature	The sensitivity coefficient of the surrounding temperature at zero and reference point shall not exceed the specifications of Table 2 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010). For PM: Zero point value for ΔTu of 15 K between +5 °C and +20 °C or 20 K between +20 °C and +40 °C shall not exceed B_0. The measurement value in the range of B_1 shall not exceed ± 5 % for ΔTu of 15 K between +5 °C and +20 °C or for 20 K between +20 °C and +40 °C	The ambient temperature range tested at the AMS installation site was -20 °C to +50 °C. Looking at the values that were output by the AMS, the maximum dependence of ambient temperature in the range of -20 °C to +50 °C at zero was -1.1 x 10-5 µg/m³ for PM2.5 and -1.1 x 10-5 µg/m³ for PM10. At reference point, no deviations > 5.0 % for PM2.5 and > 4.6 % for PM10 in relation to the default temperature of 20 °C were observed.	yes	95

Performance criterion	Specification	Test result	Fulfilled	Page
5.3.8 Sensitivity coefficient of supply voltage	The sensitivity coefficient of the electric voltage at reference point shall not exceed the specifications made in Table 2 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010). For PM: Change in measured value at B_1 maximum B_0 within the voltage interval (230 +15/-20) V.	No deviations > 0.8 % for PM2.5 and > 0.7 % for PM10 in relation to the default value of 230 V due to changes in supply voltage were detected.	yes	99
5.3.9 Cross-sensitivity	The change in the measured value caused by interfering components in the sample gas shall not exceed the requirements of Table 2 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010) at zero and reference point.	Not applicable.	-	101
5.3.10 Averaging effect	For gaseous components the measuring system shall allow the formation of hourly averages. The averaging effect shall not exceed the requirements of Table 2 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).	Not applicable.	-	102
5.3.11 Standard deviation from paired measurements	The standard deviation from paired measurements under field conditions shall be determined with two identical measuring systems by paired measurements in the field test. It shall not exceed the specifications stated in Table 2 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010). For PM: RD ≥ 10 related to B_1.	In the field test, the reproducibility for the full dataset was 29 for PM2.5 and 36 for PM10.	yes	103

Performance criterion	Specification	Test result	Fulfilled	Page
5.3.12 Long-term drift	The long-term drift at zero point and reference point shall not exceed the requirements of Table 2 in the field test of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010) in the field test. For PM: Zero point: within 24 h and within the maintenance interval a maximum of B0. As reference point: within 24 h and within the maintenance interval a maximum 5 % of B1.	For PM2.5, the maximum deviation at zero point was 0.1 µg/m³ in relation to the previous value and 0.1 µg/m³ in relation to the start value. Thus, it lies within the permissible limits of B0 = 2 µg/m³. For PM10, the maximum deviation at zero point was 0.1 µg/m³ for in relation to the previous value and 0.1 µg/m³ in relation to the start value. Thus, it lies within the permissible limits of B0 = 2 µg/m³. The sensitivity drift values that were determined during testing are max. -4.7 % for PM2.5 and -8.1 % for PM10 in relation to the respective start value. Therefore, they exceed the permissible deviation of ± 5 % of B1. The manufacturer suggests adjustment of the AMS as soon as the deviation from the nominal channel 130 is ± 1.5 channels (according to the matrix in chapter 4.2 Laboratory test this corresponds to a 4 % deviation for PM2.5 as well as for PM10). On the basis of the results obtained in the drift tests, a sensitivity check shall be carried out once a month.	no	105
5.3.13 Short-term drift	The short-term drift at zero point and reference point shall not exceed the requirements of Table 2 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010) within 12 h (for benzene 24 h) in the laboratory test and within 24 h in the field test.	Not applicable.	-	114
5.3.14 Response time	The response time (rise) of the measuring systems shall not exceed 180 s. The response time (fall) of the measuring systems shall not exceed 180 s. The difference between the response time (rise) and response time (fall) of the measuring system shall not exceed 10 % of response time (rise) or 10 s, whatever value is larger.	Not applicable.	-	115

Performance criterion	Specification	Test result	Fulfilled	Page
5.3.15 Difference between sample and calibration port	The difference between the measured values obtained by feeding gas at the sample and calibration port shall not exceed the requirements of Table 2 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).	Not applicable.	-	116
5.3.16 Converter efficiency	In the case of measuring systems with a converter, the efficiency of the converter shall be at least 98 %.	Not applicable.	-	117
5.3.17 Increase of NO2 concentration due to residence in the AMS	In case of NO_x measuring systems, the increase of NO_2 concentration due to residence in the measuring system shall not exceed the requirements of Table 2 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).	Not applicable.	-	118
5.3.18 Overall uncertainty	The expanded uncertainty of the measuring system shall be determined. The value determined shall not exceed the corresponding data quality objectives in the applicable EU Directives on air quality listed in Annex A, Table A1 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).	By resolution of the competent body in Germany (see module 5.3.1), this test item is irrelevant to particulate measuring systems. Please refer to module 5.4.10.	-	119
5.4 Requirements on measuring systems for particulate air pollutants				
5.4.1 General	Test according to the minimum requirement stated in Table 5 of VDI Standard 4202, Sheet 1. Furthermore, the particle mass concentration shall be related to a defined volume.	The test was carried out according to the minimum requirements set out in Table 5 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010). The Fidas® ^{200} S measuring system is an optical measuring system which first determines the number and size of particles within a defined volume and then converts the obtained data to mass values by means of an algorithm. After that, the particle mass concentration is determined by relating the calculated mass to a sample volume.	yes	120

Performance criterion	Specification	Test result	Fulfilled	Page
5.4.2 Equivalency of the sampling system	The equivalency to the reference method according to EN 12341 [T2] shall be demonstrated.	The reference equivalence functions for the (uncorrected) datasets lie within the limits of the respective acceptance envelope for all test sites. Moreover, the variation coefficient R^2 of the calculated reference equivalence function in the concentration range concerned is ≥ 0,95 for all test sites with the exception of Cologne (summer; only for SN 0112). Nevertheless, the instruments passed the equivalence test according to 6.1 5.4.10 Calculation of expanded uncertainty between systems under test at all test sites.	no	121
5.4.3 Reproducibility of the sampling systems	This shall be demonstrated in the field test for two identical systems according to EN 12341 [T2].	The two-sided confidence interval CI95 of max. 1.88 µg/m³ is far below the permissible limit of 5 µg/m³.	yes	129
5.4.4 Calibration	The systems under test shall be calibrated in the field test by comparison measurements with the reference method according to EN 12341 and EN 14907. Here, the relationship between the output signal and the gravimetrically determined reference concentration shall be determined as a steady function.	A statistical correlation between the reference measuring method and the output signal could be demonstrated.	yes	134
5.4.5 Cross sensitivity	Shall not exceed 10 % of the limit value.	No deviation of the measured signal from the nominal value > 0.5 µg/m³ caused by interference due to moisture in the sample could be observed for PM2.5. For PM10, no deviation of the measured signal from the nominal value > -1.1 µg/m³ caused by interference due to moisture in the sample could be observed The reproducibility of the candidates using the reference method according to the Guide “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods” [5] is ensured even for days with a relative humidity of > 70 %.	yes	137
5.4.6 Averaging effect	The measuring system shall allow the formation of 24 h mean values. The time of the sum of all filter changes within 24 h shall not exceed 1 % of this averaging time.	The measuring system allows the formation of daily mean values.	yes	141

Performance criterion	Specification	Test result	Fulfilled	Page
5.4.7 Constancy of sample volumetric flow	± 3 % of the rated value during sampling; instantaneous values ± 5 % of the rated value during sampling.	All determined daily mean values deviate less than ± 3 % from the rated value and all instantaneous values deviate less than ± 5 %.	yes	142
5.4.8 Tightness of the measuring system	Leakage shall not exceed 1 % of the sample volume sucked.	The criterion for passing the leakage test, which has been specified by the manufacturer, (flow at blocked inlet max. 0 ± 0.1 l/min) proved to be an appropriate parameter for monitoring instrument tightness. The detected maximum leak rate of 0.04 l/min is less than 1 % of the nominal flow rate which is 4.8 l/min.	yes	145
5.4.9 Determination of uncertainty between systems under test ubs	Shall be determined according to chapter 9.5.3.1 of the Guide “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods” in the field test for at two identical systems.	The uncertainty between the candidates ubs with a maximum of 0.84 µg/m³ for PM2.5 and a maximum of 1.17 µg/m³ for PM10 does not exceed the required value of 2.5 µg/m³.	yes	148
5.4.10 Calculation of expanded uncertainty between systems under test	Determination of the expanded uncertainty of the candidates according to chapters 9.5.3.2ff of the Guide “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”.	Without application of correction factors, the determined uncertainties WCM for PM10 for all datasets under consideration lie below the defined expanded relative uncertainty Wdqo of 25 % for suspended particulate matter. With the exception of Bornheim (summer) the determined uncertainties for PM2.5 for all datasets under consideration and without application of correction factors lie below the defined expanded relative uncertainty Wdqo of 25 % for suspended particulate matter. Correction factors shall be applied according to chapter 6.1 5.4.11 Application of correction factors and terms.	no	160

Performance criterion		Specification	Test result	Fulfilled	Page
5.4.11	Application of correction factors and terms	If the maximum expanded uncertainty of the systems under test exceeds the data quality objectives according to the European Directive on ambient air quality [8], the application of correction factors and terms is allowed. Values corrected shall meet the requirements of chapter 9.5.3.2 ff. of the Guide "Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods".	Due to application of the correction factors, the candidates meet the requirements on data quality of ambient air quality measurements for all datasets for $PM_{2.5}$ and PM_{10}. For PM_{10}, the requirements are met even without application of correction factors. The corrections of slope and intercept nevertheless lead to an improvement of the expanded measurement uncertainties of the full data comparison.	yes	183
5.5	Requirements on multiple-component measuring systems	Shall comply with the requirements set for each component also in the case of simultaneous operation of all measuring channels.	Upon assessing the minimum requirements, the measured values for both components were available at the same time.	yes	191

2. Task definition

2.1 Nature of test

PALAS GmbH has commissioned TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH to carry out performance testing of the Fidas® 200 S measuring. The test was performed as a complete performance test.

2.2 Objective

The measuring system shall determine the concentrations of suspended particulate matter PM_{10} and $PM_{2.5}$ within a concentration range of 0 to 10.000 µg/m³ (4.000 P/cm³ for 10 % coincidence errors).

The performance test was carried out in accordance with the current standards for performance tests and with regard to the most recent developments.

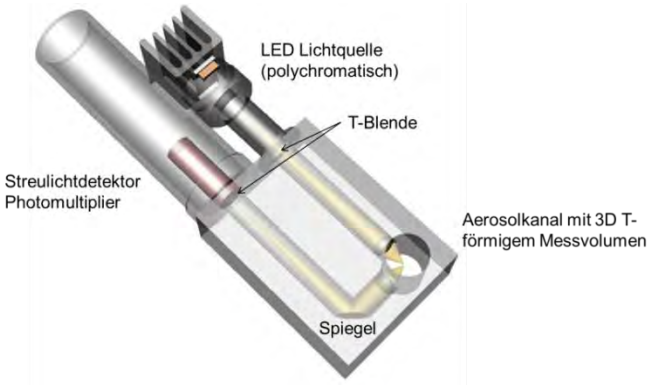
The testing was performed with respect to the following guidelines:

- VDI Standard 4202, Sheet 1, “Performance criteria for performance tests of automated ambient air measuring systems – Point-related measurement methods for gaseous and particulate air pollutants”, September 2010/June 2002 [1]
- VDI Standard 4203, Sheet 3, “Testing of automated measuring systems – Test procedures for point-related ambient air measuring systems for gaseous and particulate air pollutants”, September 2010/August 2004 [2]
- European Standard EN 12341, “Air quality – Determination of the PM_{10} fraction of suspended particulate matter – Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods of equality”, German version EN 12341: 1998 [3]
- European Standard EN 14907, “Ambient air quality – Standard gravimetric measurement method for the determination of the $PM_{2,5}$ mass fraction of suspended particulate matter”, German version EN 14907: 2005 [4]
- Guidance document “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”, English Version: January 2010 [5]

3. Description of the AMS tested

3.1 Measuring principle

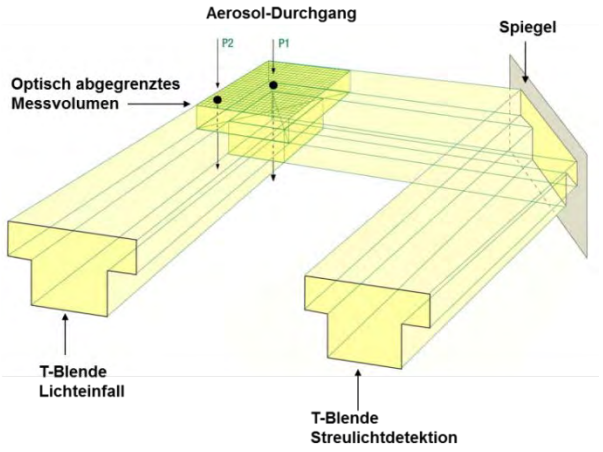
The Fidas® 200 S is an optical aerosol spectrometer which determines particle size by means of scattered light analysis according to Lorenz-Mie.



Key
LED Lichtquelle (polychromatisch): LED light source (polychromatic)
T-Blende: T-aperture
Streulichtdetektor: light scattering detector
Photomultiplier: photomultiplier
Aerosolkanal mit 3D T-förmigem Messvolumen: aerosol channel with 3D T-shaped measurement volume
Spiegel: mirror

Figure 1: Design of the Fidas® sensor

The particles move separately through an optically differentiated measurement volume that is homogeneously illuminated with white light.



Key
Aerosol Durchgang: aerosol passage
Spiegel: mirror
Optisch abgegrenztes Messvolumen: accurately defined optical measurement volume
T-Blende Lichteinfall: T-aperture, incidence of light
T-Blende Streulichtdetektion: T-aperture, scattered light detection

Figure 2: Graphical representation of the T-aperture

By using a polychromatic light source (LED) in combination with 90° scattered light detection, a precise calibration curve without any ambiguities within Mie-range can be achieved. This enables working with an extremely high resolution.

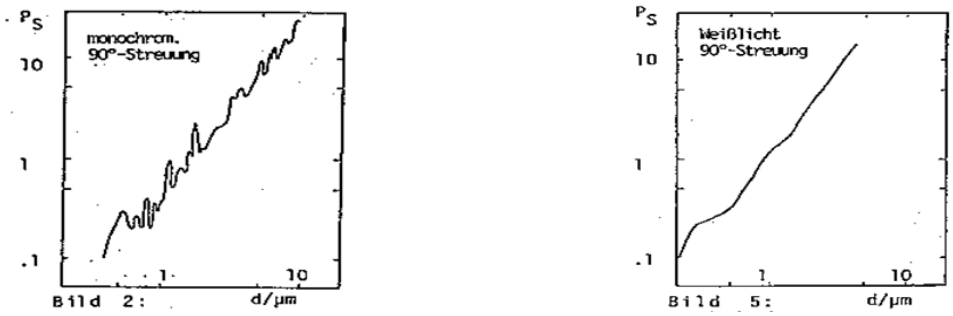


Figure 3: Calibration curve for 90° scattered light detection with monochromatic light source (left) and with polychromatic light source (right)

Each particle generates a scattered light impulse, detected at an angle of 85° to 90° degrees. The number concentration is deducted from the number of scattered light impulses. The intensity of the scattered light is a measure for the particle size-diameter. The signal length is measured as well.

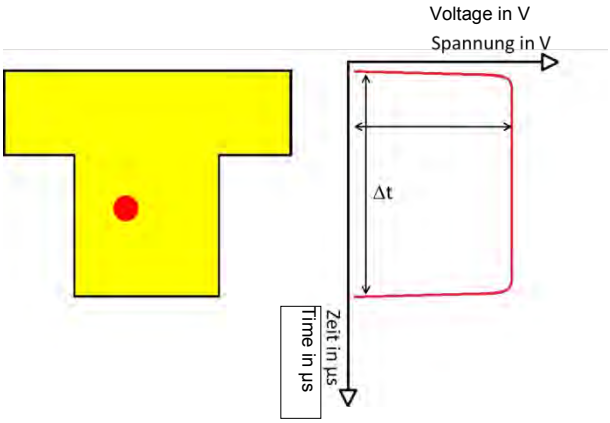


Figure 4: Measurement of scattered light signal at one single particle. Amplitude and signal length are being measured

Due to the specific T-aperture optics with simultaneous signal length measuring, border zone errors are eliminated. The term 'border zone error' refers to the merely partial illumination of particles at the end of the measuring range. This partial illumination results in the particles being classified as smaller in size than they actually are (see Figure 5, red curve). By means of the T-aperture, particles which only fly through the T's arm (shorter signal length) can be distinguished from particles which also pass the middle part of the T (longer signal length). The latter ones have certainly been illuminated completely in the upper part. Thus, border zone errors are eliminated in the Fidas® measuring system (see Figure 5, blue curve).

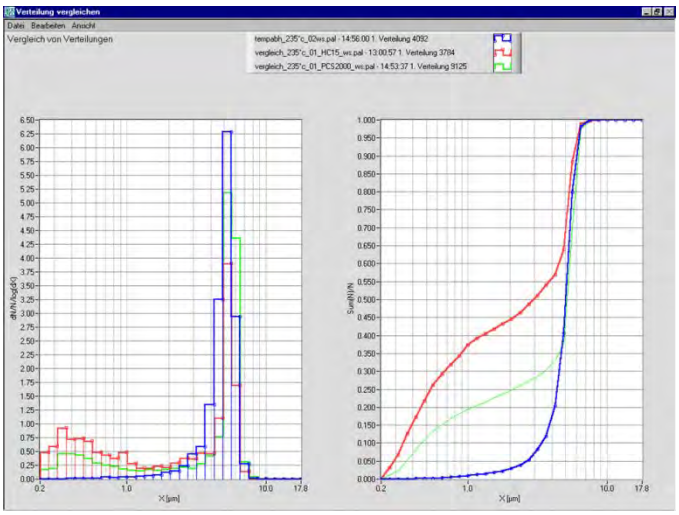


Figure 5: Comparison of an optical light scattering spectrometer with rectangular aperture (HC15, red) with an optical scattering light spectrometer with T-aperture (welas®, blue) upon application of monodisperse 5 µm particles

Measuring the signal length also enables the detection of coincidence (more than one particle in the optical detection volume), because the signal length is greater in this case. By means of a correction determined and verified by Dr-Ing Umhauer and Prof Dr Sachweh, this coincidence can then be adjusted online.

Due to improved optics, greater light intensity due to a white light source (LED), and improved signal analysis electronics, the lower detection limit for measuring ambient air quality could be lowered to 180nm. In this way especially smaller particles, which occur in high concentrations in close proximity to streets, can be detected much better (see Figure 6).

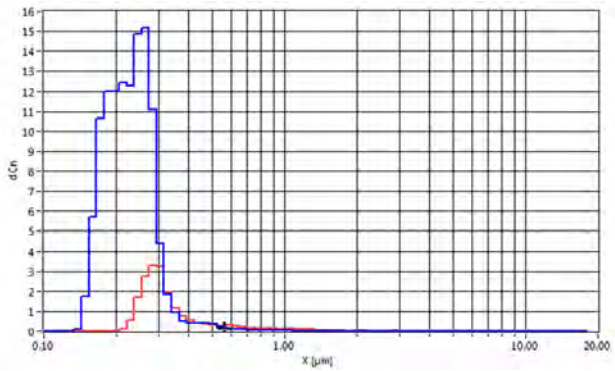


Figure 6: Comparison of results of a measurement carried out in close proximity to a street between the Fidas® measuring system (size range from 0.18 µm, blue curve) and another optical measuring system (size range from 0.25 µm, red curve)

The Fidas® 200 S measuring system is characterized by the following features:

The described features

- precise calibration curve without ambiguity (white light and 90° scattered light detection)
- no border zone error (patented T-aperture technology)
- identification and correction of coincidence (digital analysis of individual particles)

yield the following advantages

- extreme high size resolution (large number of raw data channels)
- very precise particle size classification
- precise determination of concentrations

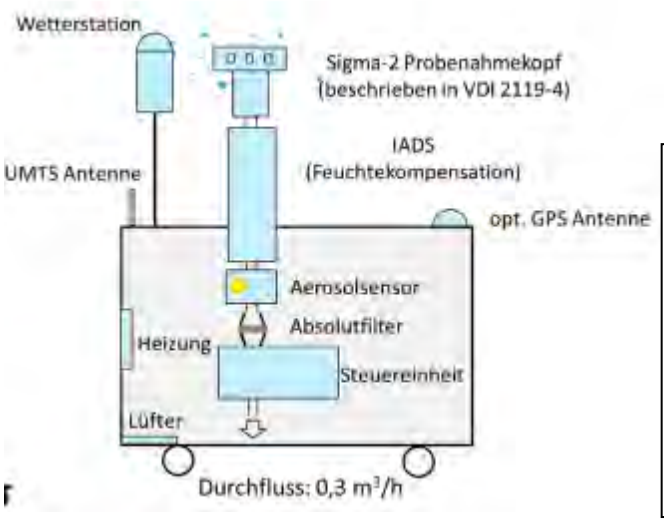
In addition to the continuous and simultaneous measurement of PM fractions, information on measured particle number concentration and particle size distribution is provided in high size resolution as well.

This additional information can be used to perform a “Source Apportionment” or to assess the relevance to health (larger particles enter more deeply into the human respiratory tract).

3.2 Principle of operation

The particle sample passes through the Sigma-2 sampling head (described in VDI 2119, Sheet 4) at a flow rate of 4.8 l/min (based on 25 °C and 1013 hPa) and is led into the sampling line which connects the sampling head to the Fidas control unit. The IADS (Intelligent Aerosol Drying System) moisture compensation module is used in order to avoid the possible effects of condensation, especially when ambient air humidity is high. The IADS is regulated with regard to relative humidity and ambient temperature (measured with weather station WS600-UMB). The minimum temperature is 23 °C, the maximum temperature is 24 °C above ambient temperature at an heat output of max. 90 watts. The IADS module is controlled via the Fidas Firmware. After passing through the IADS module the particle sample is led to the aerosol sensor where the actual measuring is performed. From the aerosol sensor the sample is then led through an absolute filter which can be used, for instance, to further analyse the collected aerosol. The measuring system Fidas® 200 S is complete with an integrated weather station (WS600-UMB) to capture the measured quantities wind velocity, wind direction, amount of precipitation, type of precipitation, temperature, humidity, and pressure. The Fidas® 200 S control unit contains the necessary electronics for operating the measuring system as well as the 2 parallel-connected sample pumps. Should one pump fail, proper operation is secured by the remaining pump.

Figure 7 provides a schematic view of the Fidas® 200 measuring system, Figure 8 shows the measurement steps of the Fidas® 200 S in chronological order.



Key
Wetterstation: weather station
Sigma-2 Probenahmekopf: Sigma-2 sampling head (described in VDI 2119-4)
UMTS Antenne: UMTS antenna
IADS (Feuchtekompensation): IADS (drying system)
Opt. GPS Antenne: opt. GPS antenna
Aerosolsensor: aerosol sensor
Absolutfilter: absolute filter
Heizung: heating
Steuereinheit: control unit
Lüfter: fan

Durchfluss/flow rate: 0.3 m^3/h

Figure 7: Schematic view of the Fidas® 200 S

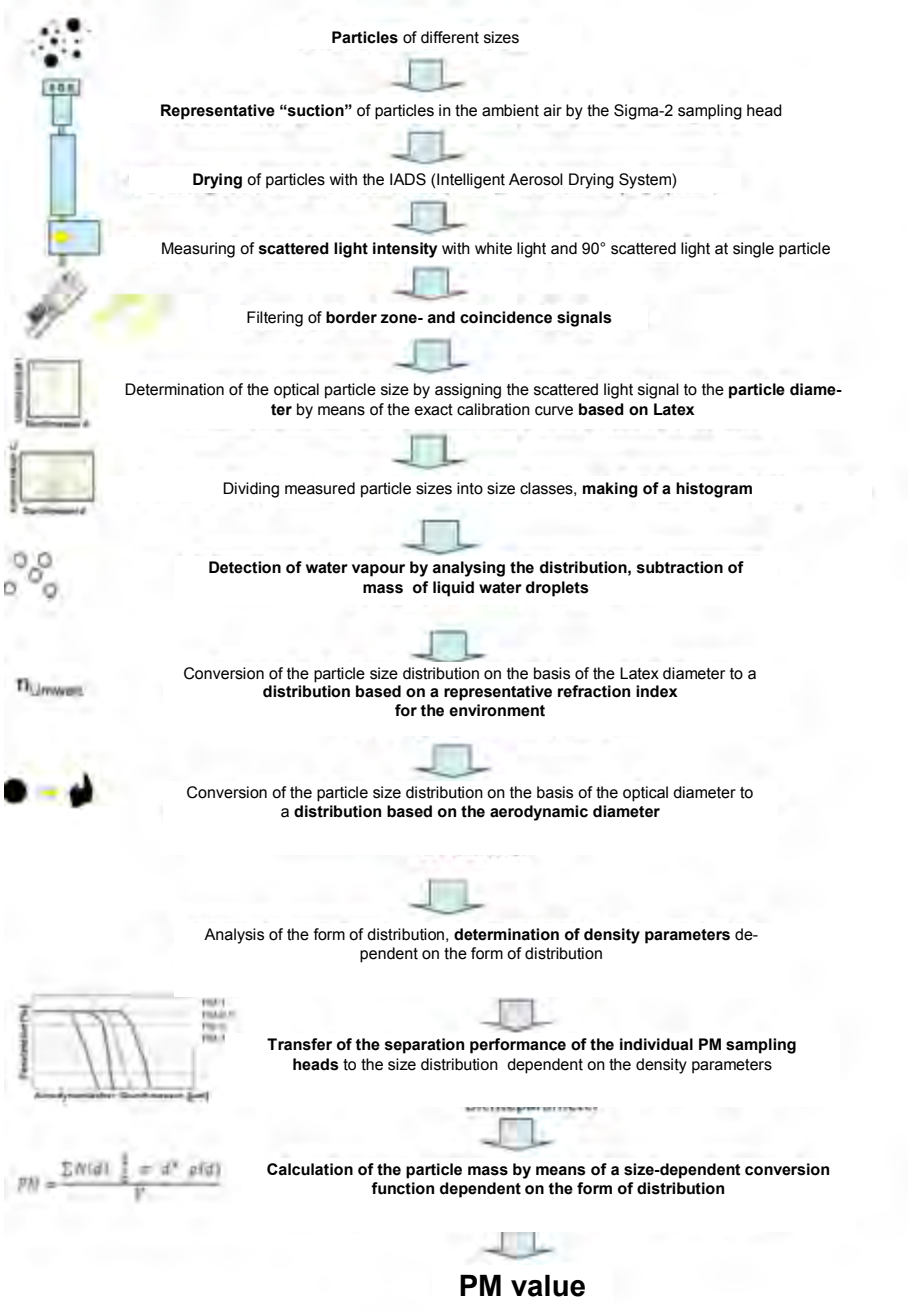

Particles of different sizes
Representative "suction" of particles in the ambient air by the Sigma-2 sampling head
Drying of particles with the IADS (Intelligent Aerosol Drying System)
Measuring of **scattered light intensity** with white light and 90° scattered light at single particle
Filtering of **border zone- and coincidence signals**
Determination of the optical particle size by assigning the scattered light signal to the **particle diameter** by means of the exact calibration curve **based on Latex**
Dividing measured particle sizes into size classes, **making of a histogram**
Detection of water vapour by analysing the distribution, subtraction of mass of liquid water droplets
Conversion of the particle size distribution on the basis of the Latex diameter to a **distribution based on a representative refraction index for the environment**
Conversion of the particle size distribution on the basis of the optical diameter to a **distribution based on the aerodynamic diameter**
Analysis of the form of distribution, **determination of density parameters** dependent on the form of distribution
Transfer of the separation performance of the individual PM sampling heads to the size distribution dependent on the density parameters
Calculation of the particle mass by means of a size-dependent conversion function dependent on the form of distribution
PM value

Figure 8: Overview of the measurement steps of the Fidas® 200 S

The Fidas® 200 S measuring system saves data in the RAW format. In order to determine the mass concentration values, the stored raw data have to be converted by means of an evaluation algorithm. A size-dependent and weighted algorithm is used to convert particle size and number to mass concentrations. During performance testing, conversion was performed using the evaluation algorithm PM_ENVIRO_0011.

3.3 AMS scope and setup

The Fidas® 200 S measuring system for the measurement of ambient air pollution through suspended particulate matter is based upon the measurement principle of scattered light analysis.

The tested measuring system consists of a Sigma-2 sampling head, a sampling line with the IADS moisture compensation module, the Fidas® control unit with integrated aerosol sensor, the compact weather station WS600-UMB, a UMTS-antenna, a weatherproof housing (IP 65), corresponding connection lines and cables, one bottle of CalDust 1100, and manuals in German respectively English.

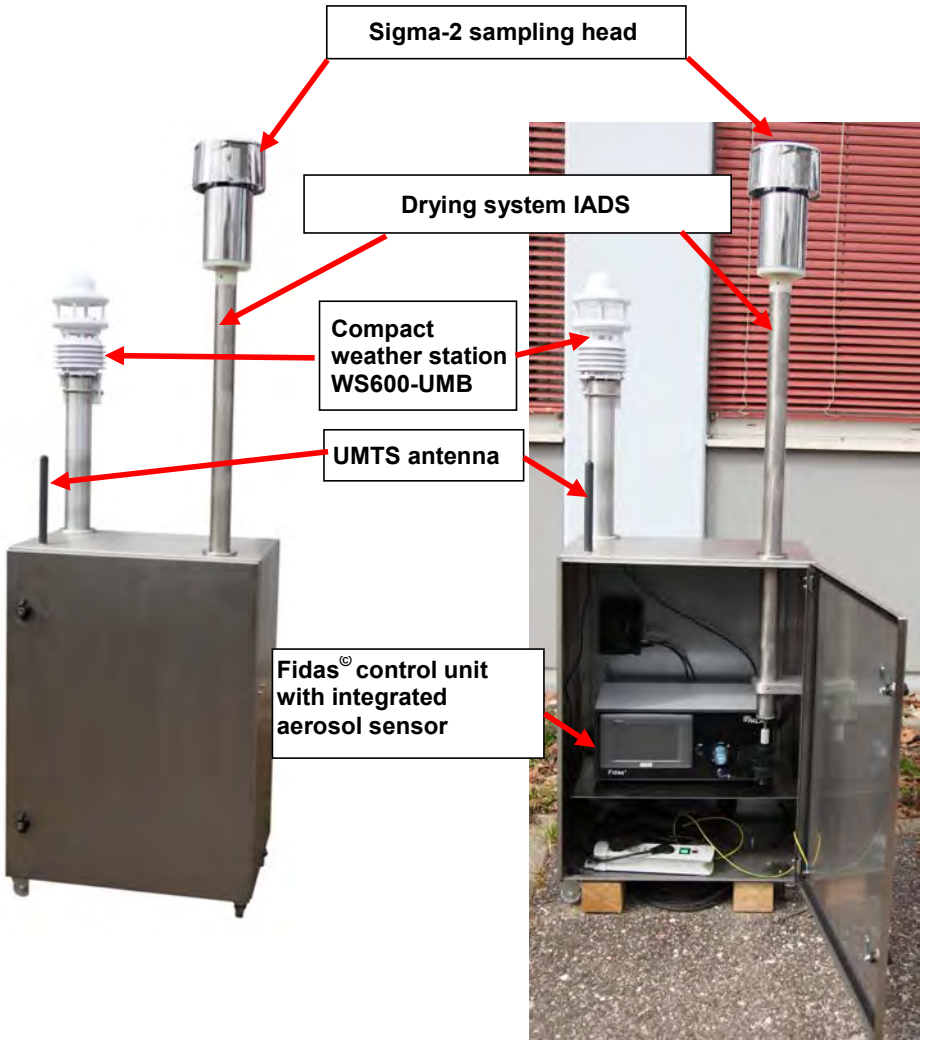


Figure 9: Overview Fidas® 200 S complete system

Figure 10: Sigma-2-sampling head for the Fidas® 200 S

Figure 11: Sampling line with IADS for the Fidas® 200 S

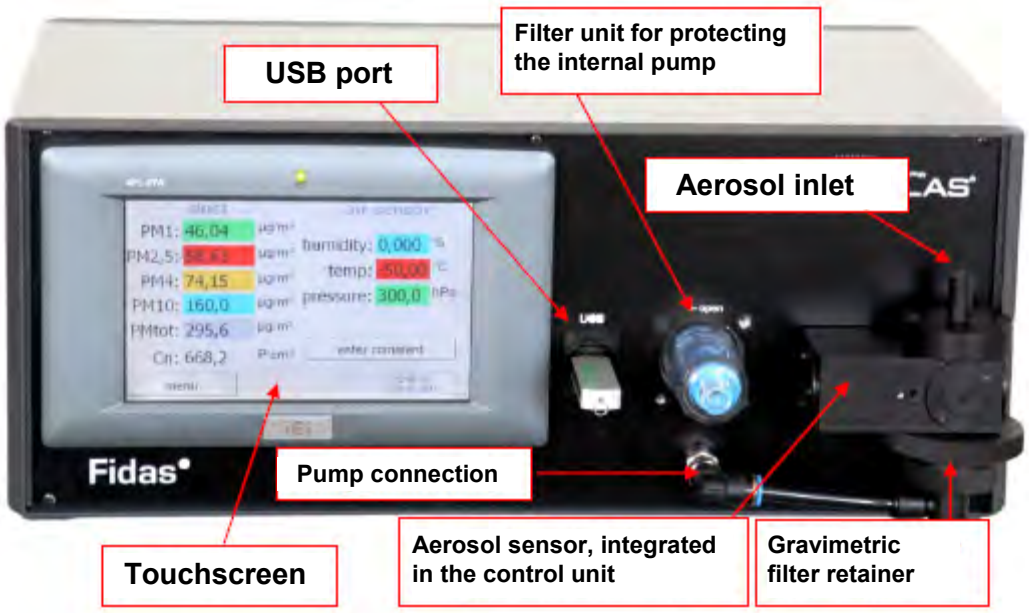


Figure 12: Control unit of the Fidas® 200 S

Figure 13: Weather station WS600-UMB

Figure 14: Fidas® 200 S measuring systems on measuring station

The measuring system can be operated using either the touch screen at the front side of the instrument or remotely via radio modem using the corresponding software (e.g. TeamViewer). The user can access measurement data and device information, change parameters, and perform tests to monitor the functionality of the measuring system.

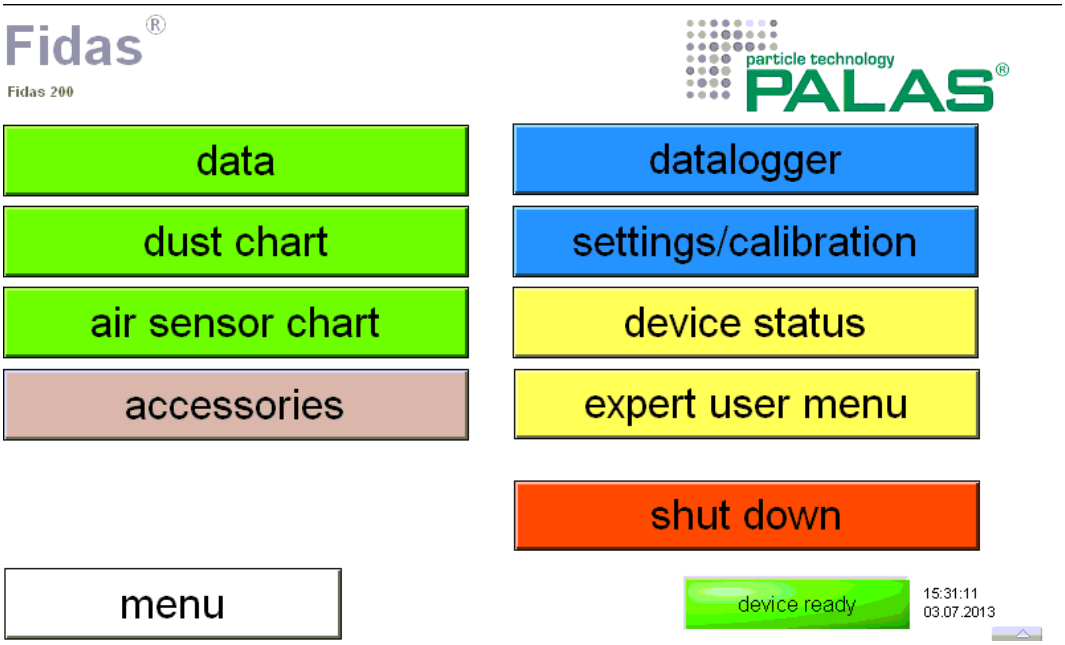


Figure 15: Main menu

The main window of the user display is on the top level – from here the user can access the respective submenus and the system can be shut down in a controlled manner.

“data” menu:	Display of measured values
“dust chart” menu:	Graphical representation of PM concentrations and particle number
“air sensor chart” menu:	Graphical representation of measured values obtained by the weather station
“accessories” menu:	Information on IADS, GPS position, weather station, alternative PM values (with other methods of evaluation) etc.
“data logger” menu:	Allows the user to enter commentaries, which are saved along with the dataset, and to transfer data from the internal memory to an USB flash drive or the like
“settings/calibration” menu:	Allows the user to check the calibration of the Fidas® sensor and if necessary recalibrate it. Furthermore, it shows the continuous estimate of the calibration with a deviation from the nominal value

“device status” menu:	Provides an overview of the critical system parameters volume flow, coincidence, pump capacity, weather station, IADS, calibration, LED temperature, and mode of operation
“expert user menu” menu:	Allows the user to switch to expert mode

Furthermore, the current device status is shown in the lower right corner – here the messages “device ready” marked in green or “check device status” marked in red are displayed. Detailed information can be obtained by selecting the submenu “device status”.

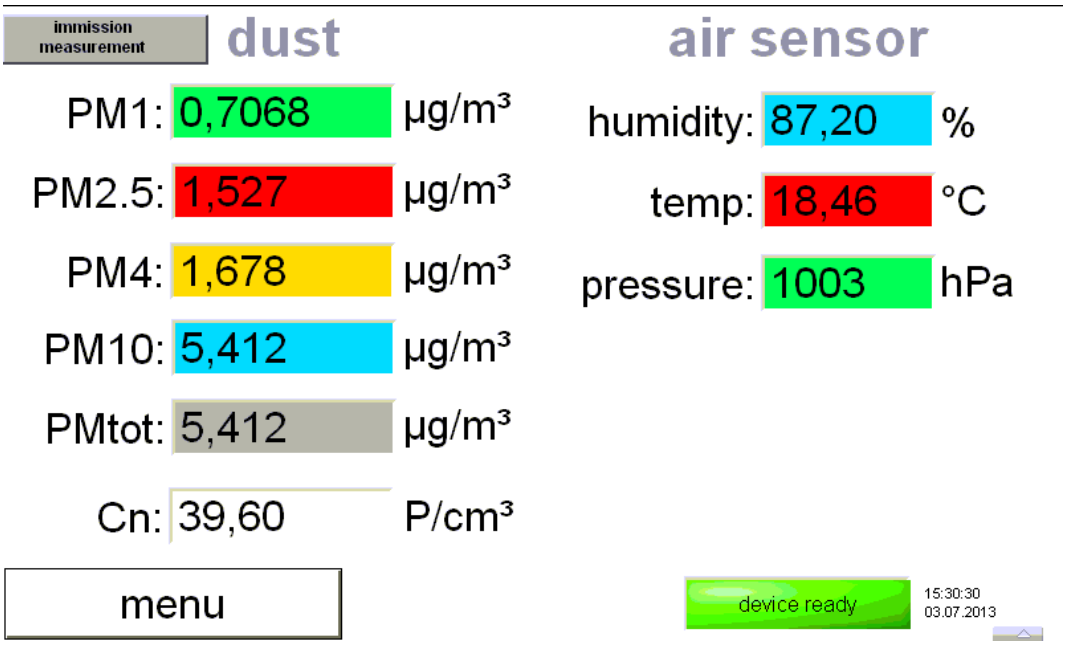


Figure 16: “data” menu

The “data” menu shows the current concentration values for the various fractions, the particle number as well as the current ambient temperature, atmospheric pressure, and relative humidity.

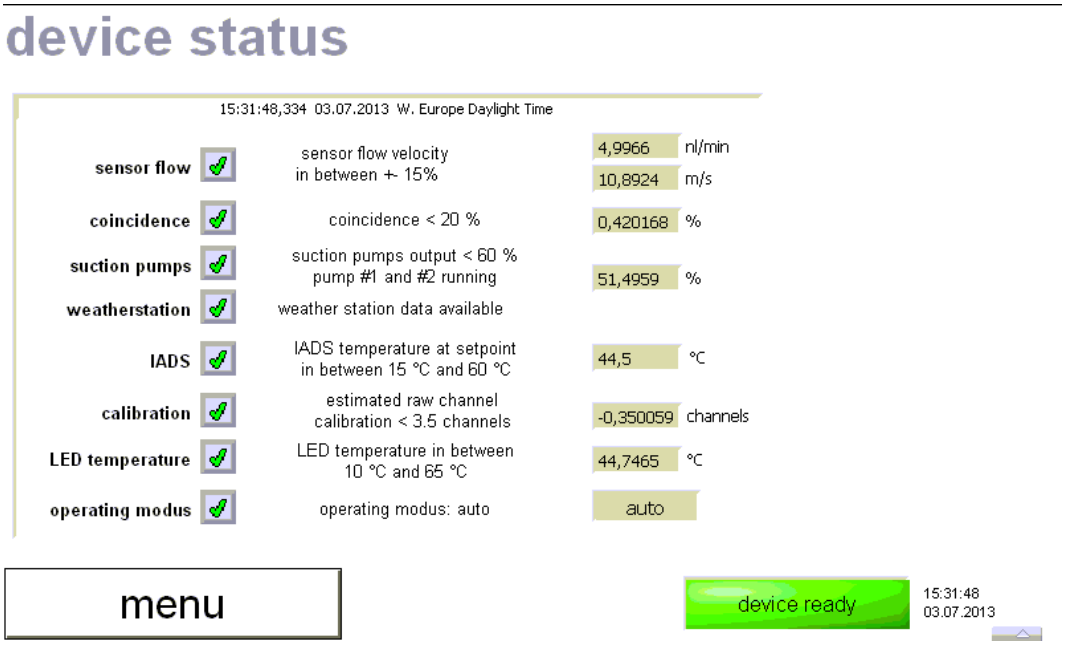


Figure 17: "device status" menu

In the "device status" menu the user can view various relevant parameters of the measuring system along with the respective nominal and actual values. Impermissible deviations of one (or more) parameters are indicated by a "red cross" as opposed to a "green check mark".

The following parameters are monitored continuously:

Sensor flow — By means of a control circuit with mass flow meter and on the basis of the measured temperature and pressure values, the Fidas® 200 S regulates the volume flow to 4.8 l/min. This volume flow is then normalised to "standard atmospheric temperature and pressure (SATP)", i.e. based on 25 °C and 1013 hPa.
The second value indicates the particle velocity through the optical detection volume.
An error message is displayed if the volume flow deviates from the nominal value by more than 15% or if the particle velocity deviates too much from the regulated volume flow.

Coincidence — Detection of more than one particle within the optical detection volume. An error message is displayed if this occurs at a rate of more than 20 %.

Suction pumps — The Fidas® 200 S provides two parallel-connected pumps for the volume flow. Should one pump fail the other one can take over. In this case the power consumption is greater which results in an error. Should both pumps wear off equally, an error is displayed when 60 % are exceeded.

	It is important to note that the device will keep measuring and that the data obtained can still be used. Nevertheless, the operator shall exchange the pumps as soon as possible.
Weather station	Shows that a weather station is connected correctly and that it transmits measured values.
IADS	Shows that the IADS is connected correctly and that the temperature is in compliance with the requirements.
Calibration	Online monitoring of the calibration; should the calibration deviate by more than 3.5 raw data channels, an error message is displayed. Note: In some cases, this value may lie outside the limits for a short time without compromising the device's proper functionality. There only is a need for action (i.e. field calibration with cal dust), if this is a long term trend (24 hours).
LED temperature	The LED light source is temperature-controlled. Should a problem occur within this control circuit, an error bit is set.
Operating modus	The operation mode shall be set to "auto", otherwise the data might not be saved correctly or the device might not automatically restart after a failure in the mains voltage.

In addition to the direct communication via control keys/display there are numerous options to communicate via RS232-ports, USB-ports or Ethernet.

The following options are available:

- 1 x RS232 port for communication via Modbus for remote enquiry of measured values and external control of the measuring system (WebAccess). Application of the Bayern-Hessen protocol is also possible.
- 1 x Ethernet port for connecting to a network or PC for data transmission as well as remote control, for instance via TeamViewer software
- 1 x USB port on the front side of the device, enables direct downloading of data for processing at an external PC
- 1 x USB port on the rear side of the device to connect, for instance, printer, keyboard, mouse or USB flash drive

To carry out an external zero point check, a zero filter shall be attached to the inlet of the instrument. Using this filter allows provision of air free from suspended particulate matter.

Figure 18: Zero filter

To test and if necessary adjust the sensitivity of the particle sensor, the instrument shall be supplied with particles of a defined size (CalDust 1100). The particle size distribution of this dust is monodisperse and the peak in the distribution of the raw data, which has been generated in the instrument, shall lie within the channel 130 ± 1.5 (this corresponds to a particle size of 0.93 µm) as specified by the manufacturer. If the peak lies outside this window, the value can be adjusted by means of the photomultiplier voltage. Due to this adjustment at one particle size, the sensitivity of the measuring system for all particle sizes is adjusted automatically as the instrument operates with only one A/D converter.

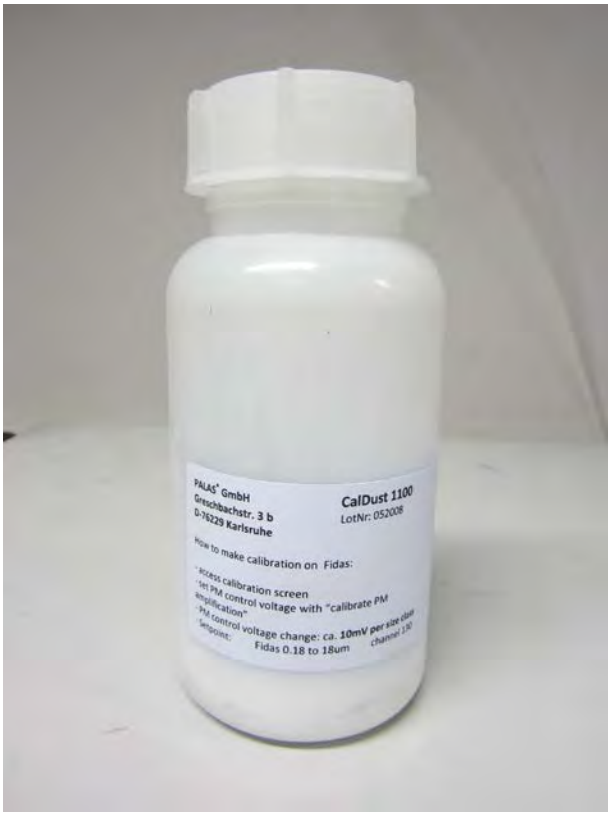

PALAS® GmbH
Greschbachstr. 3 b
D-76229 Karlsruhe
CalDust 1100
LotNr: 052008
How to make calibration on Fidas:
- access calibration screen
- set PM control voltage with "calibrate PM amplification"
- PM control voltage change: ca. 10mV per size class
- setpoint: Fidas 0.18 to 18um
channel 130

Figure 19: CalDust 1100 for verification / calibration of sensitivity

Table 2 contains a list of important device-related characteristics of the Fidas® 200 S measuring system for suspended particulate matter in the ambient air

Table 2: Device-related data of the Fidas® 200 S (manufacturer's data)

Dimensions / Weight	**Fidas® 200 S**
Measuring system	195 x 450 x 310 mm / 10 kg (control unit) 1810 x 600 x 400 mm / 48 kg (weatherproof housing with control unit, IADS, Sigma-2 and weather station)
Sampling line	Approx. 1.4 m between inlet and connecting adaptor IADS to aerosol sensor
Sampling head	Sigma-2 according to VDI 2119, Sheet 4
Power requirements	100/115/230 V, 50/60 Hz
Power input	approx. 200 W
Ambient conditions	
Temperature	-20 to +50 °C
Humidity	Outdoor-assembly, protection class IP65
Sample flow rate (Inlet)	4.8 l/min, based on 25 °C and 1013 hPa
Parameter IADS (Drying system)	
Control values	Ambient temperature and humidity
Max. Temperature	24 °C above ambient temperature
Aerosol sensor	
Measurement principle	Scattered light analysis, combination of white light LED and 90° scattered light detection
Measuring range (particle size)	0.18 – 18 µm
Resolution	32 classes per decade
Temporal resolution	During performance testing: moving 30 min-average, updated every second; other configurations possible
Size of the measuring volume	Approx. 262 µm x 262 µm x 164 µm, the actual size of the measuring volume for the respective system can be found under "settings" in the software
Maximum concentration (coincidence error 10 %)	4 x 10^3 particles / cm^3

Weather station WS600-UMB	
Sensor for ambient temperature	Measuring range -50 to +60 °C
Sensor for rel. humidity	Measuring range 0 – 100 %
Sensor for ambient pressure	Measuring range 300 – 1200 hPa
Sensor for wind direction	Measuring range 0 – 359.9°
Sensor for wind velocity	Measuring range 0 – 60 m/s
Sensor for amount of precipitation	Measuring range 0.3 to 5 mm droplet size
Storage capacity data (internal)	1 GB (corresponds to approx. 100 days at a storage interval of 60 s for raw data)
Device inputs and outputs	1 x RS232 port for communication via Modbus for remote enquiry of measured values and external control of the measuring system (WebAccess) 1 x Ethernet port for connecting to a network or PC for data transmission as well as remote control, for instance via TeamViewer software 1 x USB port on the front side of the device, enables direct downloading of data for processing at an external PC 1 x USB port on the rear side of the device to connect, for instance, printer, keyboard, mouse or USB flash drive
Status signals / Error messages	Available (manual, chapter 3)

4. Test programme

4.1 General

The performance test was carried out with two identical devices with the serial numbers SN 0111 and SN 0112.

The test was performed using software version 100327. By means of the PM_ENVIRO_0011 evaluation method, the obtained raw datasets were converted to concentration values.

The test comprised of a laboratory test for the assessment of performance characteristics as well as a field test, conducted over several months and at various field sites.

All obtained concentrations are given in µg/m³ (operating conditions). Additionally, the PM_{10} concentrations for evaluation according to Standard EN 12341 for standard conditions are given in µg/m³ (273 K, 101.3 kPa) as well.

In the following report, the performance criteria according to the considered guidelines [1, 2, 3, 4, 5] are stated in the caption of each test item with number and wording.

4.2 Laboratory test

The laboratory test was carried out with two identical devices of the type Fidas® 200 S with the serial numbers SN 0111 and SN 0112. In conformity with the applicable standards [1, 2], the following performance criteria were tested in the laboratory:

- Description of device functions
- Determination of detection limit
- Dependence of zero point / sensitivity on ambient temperature
- Dependence of sensitivity on mains voltage
- Check of constancy of the volume flow rate
- In the laboratory test, the following devices were used for the determination of performance characteristics
- climatic chamber (temperature range from -20 °C to +50 °C, accuracy better than 1 °C)
- Isolation transformer
- 1 mass flow meter Model 4043 (Manufacturer: TSI)
- Zero filter for external zero point control
- CalDust 1100

The recording of measurement values at zero point was performed within the device. The stored raw datasets were read out via data download either per USB or remote connection (TeamViewer software) and converted to concentration values by means of the PDAnalyze software using the PM_ENVIRO_0011 method.

The sensitivity test was carried out with monodisperse dust (CalDust 1100). When applying this calibration dust, the size distribution is expected to peak in channel 130 (this corresponds with a particle size of 0.93 µm). In order to make the quantification of deviations in the classification possible, the datasets obtained in the field test were used to calculate the effects of a peak shift of max. ±3 channels on a measured PM value.

If the peak shifts within channel 130, all other channels are shifted the same number of raw data channels. This is due to the employed A/D converter which has a logarithmic response curve. If, hypothetically, the total distribution of raw data shifts by ±3 channels and if the PM values were then recalculated on that basis, the effect on the measured PM values can be determined. To do so, a regression line between the actually measured PM values and the values obtained from the hypothetically shifted raw data distribution was calculated by plotting these values against each other in a XY plot. The results from these calculations are illustrated in the following matrix:

Table 3: Matrix on the influence of a peak shift on the mass concentration

	PM2,5		PM10	
channel shift	slope	offset	slope	offset
-3	1,086	0,03889	1,0877	0,0331
-2	1,056	0,025	1,057	0,012
-1	1,029	0,0122	1,028	0,048
0	1	0	1	0
1	0,973	-0,00785	0,976	-0,0047
2	0,945	-0,0197	0,947	0,038
3	0,918	-0,031	0,9224	0,083

For instance, if there is a shift by -3 channels, the actual PM values bear relation to the hypothetically determined PM values in the following way:

$PM_{2.5}$_actual=1.086*$PM_{2,5}$_hypothetical+0.03889
PM_{10}_actual=1.0877*PM_{10}_hypothetical+0.0331.

A shift by -3 channels results in the particle size being determined too small. As a consequence, the $PM_{2.5}$ value is measured too low by the factor 1.086.

For evaluation, the ideal event (peak exactly in channel 130) was assumed and hypothetical values of 25 µg/m³ for $PM_{2.5}$ and 40 µg/m³ for PM_{10} were defined. The concentration value to be expected depending on the peak shift was then calculated according to the following matrix

The results of the laboratory tests are summarised in chapter 6.

4.3 Field test

The field test was carried out with two identical measuring systems:

System 1: SN 0111
System 2: SN 0112

The following performance criteria were tested in the field:

- Comparability of the systems under test according to the Guide “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”
- Comparability of the systems under test with the reference method according to the Guide “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”
- Consistency of sample volume flow
- Calibration capability, analytical function
- Reproducibility
- Zero drift and sensitivity
- Leak tightness of the sampling system
- Dependence of the measured values on sample humidity
- Maintenance interval
- Availability
- Total uncertainty of tested systems

The following auxiliary devices were used during the field test:

- TÜV Rheinland measuring cabinet, air conditioned to approx. 20 °C
- Weather station (WS 500 of ELV Elektronik AG) for the detection of meteorological parameters such as ambient temperature, atmospheric pressure, humidity, wind velocity, wind direction and amount of precipitation.
- 2 reference measuring systems LVS3 for PM_{10} as per item 5
- 2 reference measuring systems LVS3 for $PM_{2.5}$ as per item 5
- 1 gas meter, dry
- 1 mass flow meter Model 4043 (Manufacturer: TSI)
- Power consumption measuring device type Metratester 5 (manufactured by Gossen Metrawatt)
- Zero filter for external zero point checks
- CalDust 1100

During the field test, two Fidas® 200 S systems and two reference systems for $PM_{2.5}$ and PM_{10} were operated simultaneously for a period of 24 hours. The reference system operates discontinuously, that is to say the filter needs to be changed manually after sampling.

During the testing, the impaction plates of the PM_{10} and $PM_{2.5}$ sampling heads of the reference systems were cleaned and lubricated with silicone grease approx. every 2 weeks in order to ensure a safe separation and deposition of particulates. The Sigma-2 sampling heads of the candidates were cleaned approx. every 3 months according to manufacturer's information. The sampling head shall always be cleaned in accord with the instructions provided by the manufacturer. Local concentrations of suspended particulate matter shall also be considered in this procedure.

Before and after each change of test site, the flow rate was tested on each candidate as well as on each reference system with a dry gas meter and a mass flow meter, which connects to the system inlet via hose line.

Measuring sites and AMS placement

For the field test, the measuring systems were set up in such a way that only the sampling heads and the virtual impactors were installed on the outside of the measuring cabinet above its roof. The central units of both candidates were placed within the air-conditioned measuring cabinet. The entire reference equipment (LVS3) was installed outdoors on the roof of the cabinet.

The field test was carried out at the following test sites:

Table 4: Field test sites

No.	Test site	Period	Characterisation
1	Cologne, summer	05/2012 – 09/2012	Urban background
2	Cologne, winter	11/2012 – 02/2013	Urban background
3	Bonn, road junction, winter	02/2013 – 05/2013	Influence of traffic
4	Bornheim, summer	05/2013 – 07/2013	Rural structure + influence of traffic

Figure 20 to Figure 27 show the course of PM concentrations at the measuring locations in the field as recorded by the reference measuring systems.

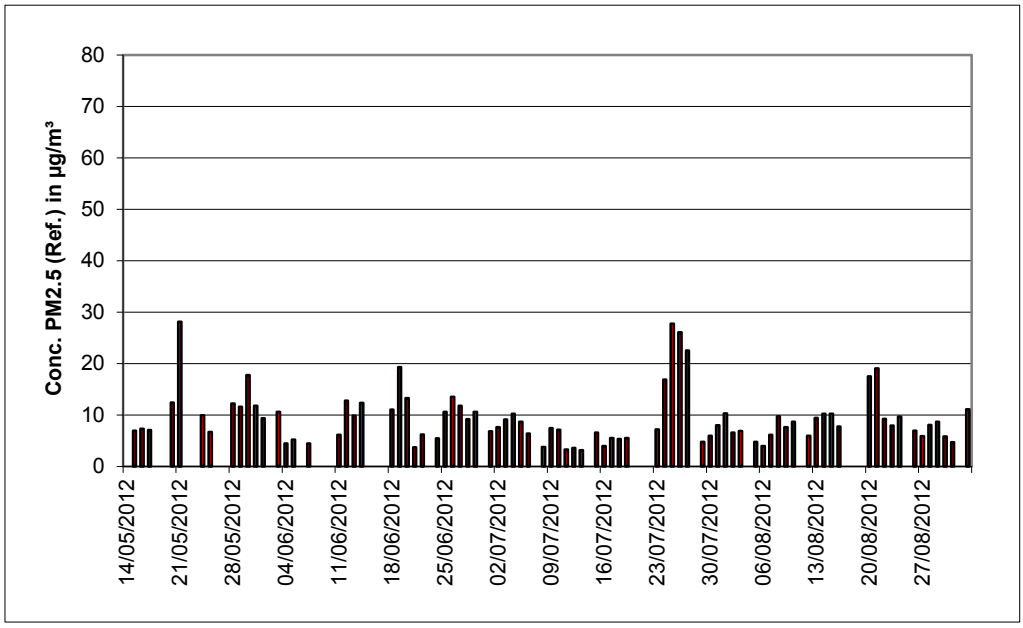


Figure 20: Course of $PM_{2.5}$ concentrations (reference) at test site "Cologne, summer"

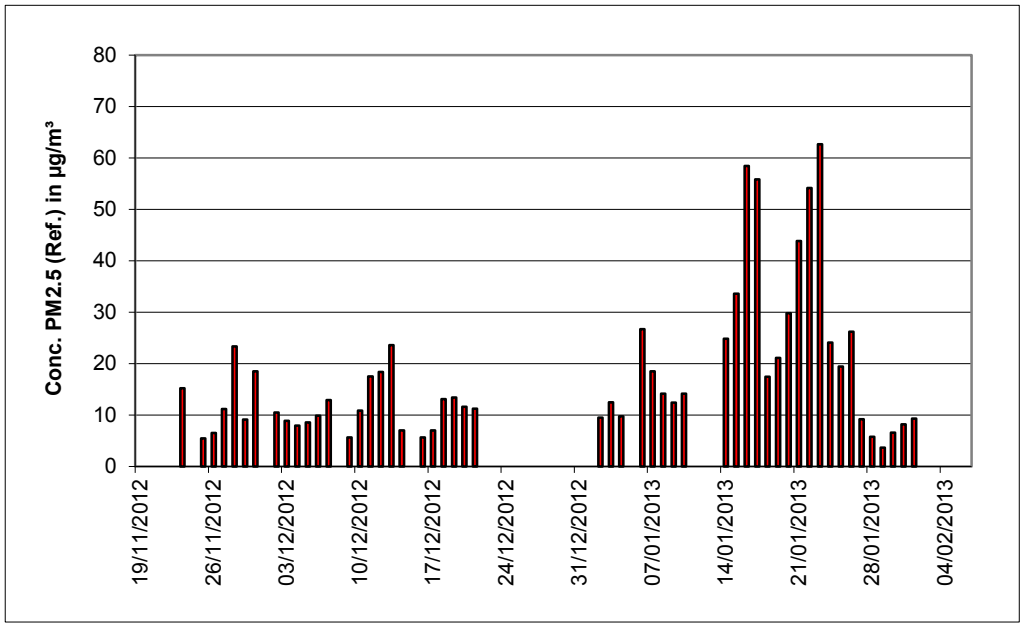


Figure 21: Course of $PM_{2.5}$ concentrations (reference) at test site "Cologne, winter"

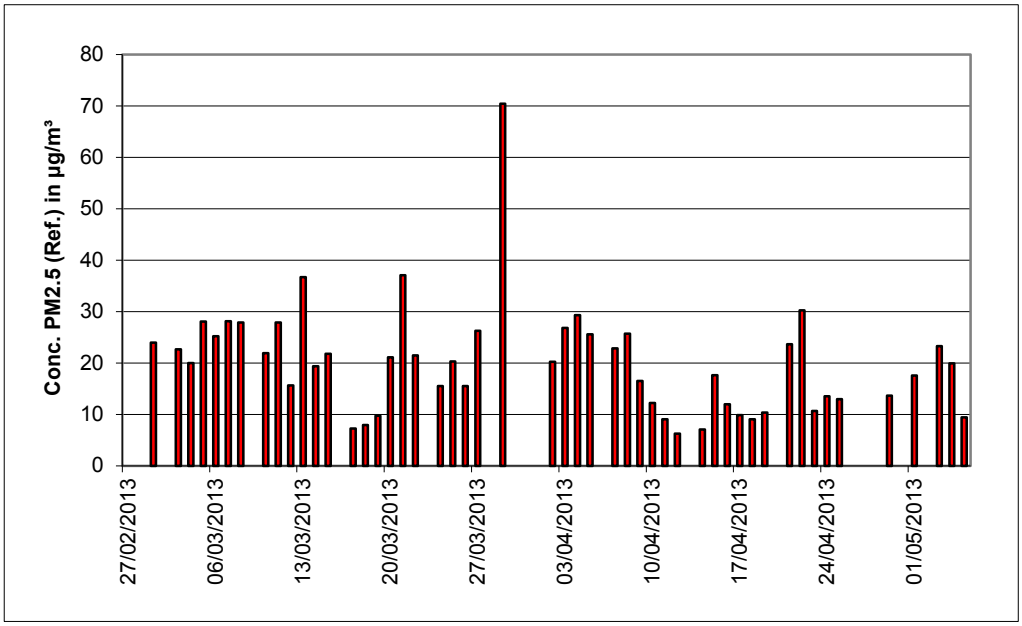


Figure 22: Course of $PM_{2.5}$ concentrations (reference) at test site "Bonn, winter"

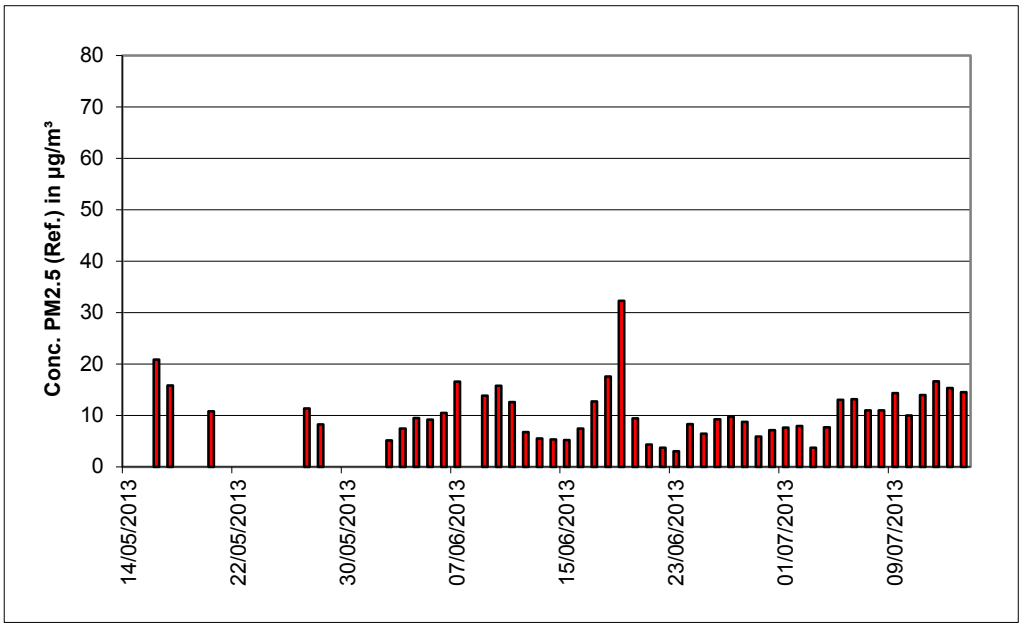


Figure 23: Course of $PM_{2.5}$ concentrations (reference) at test site "Bornheim, summer"

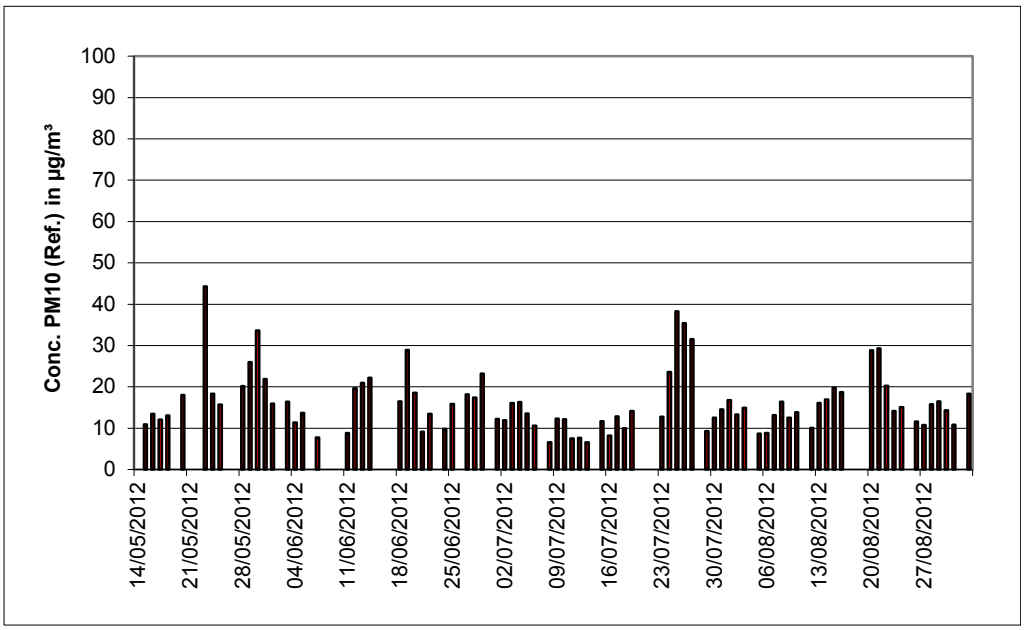


Figure 24: Course of PM_{10} concentrations (reference) at test site "Cologne, summer"

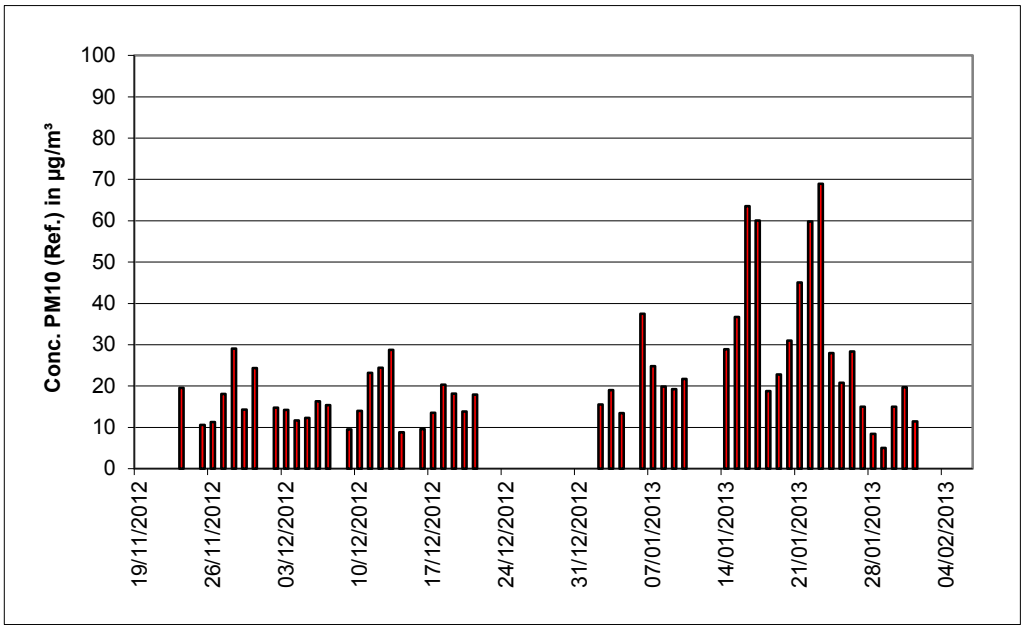


Figure 25: Course of PM_{10} concentrations (reference) at test site "Cologne, winter"

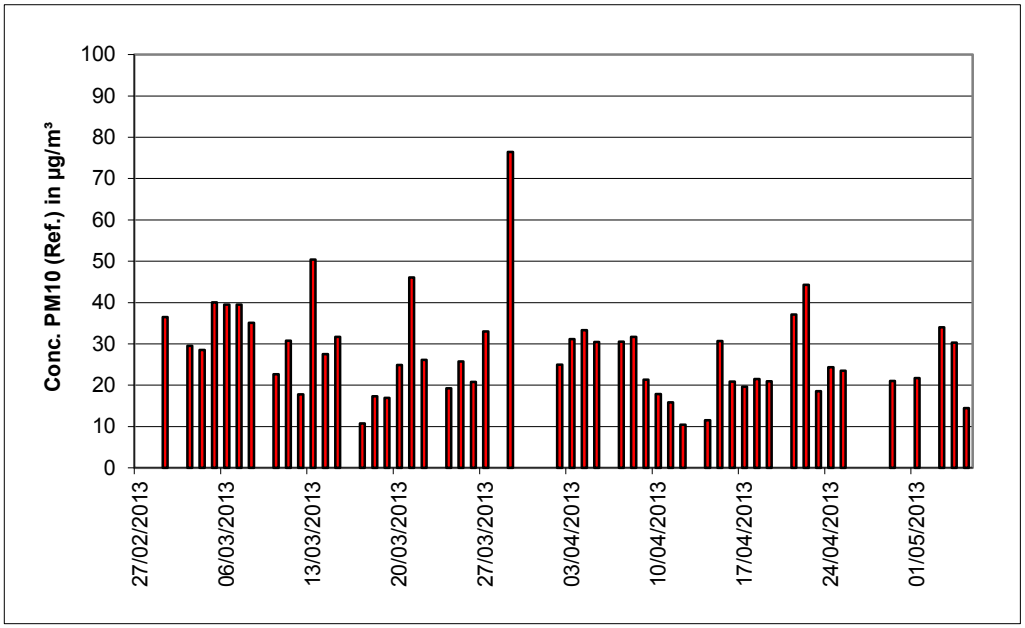


Figure 26: Course of PM_{10} concentrations (reference) at test site "Bonn, winter"

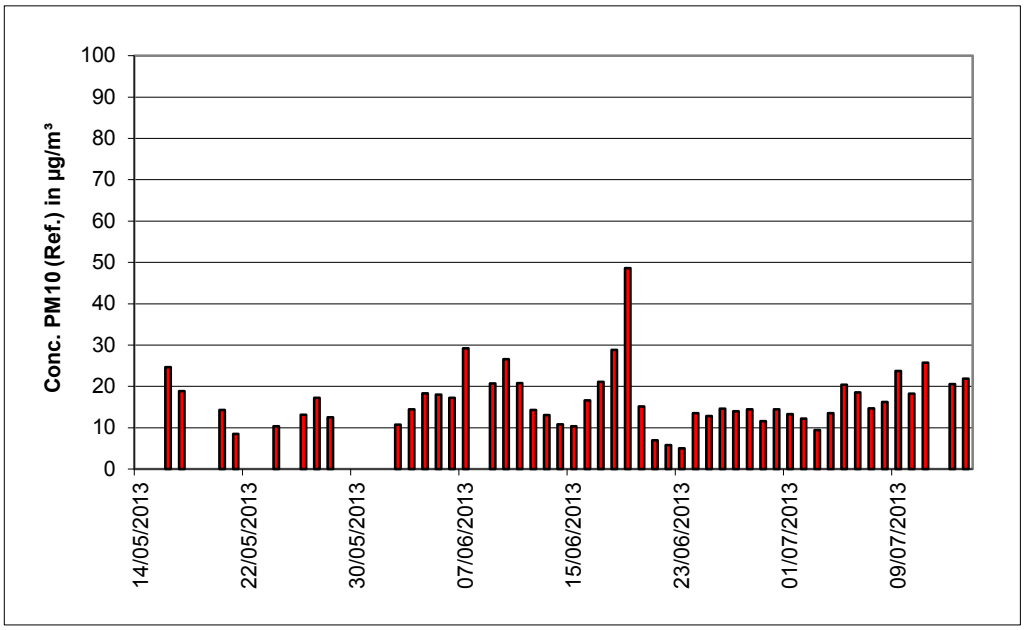


Figure 27: Course of PM_{10} concentrations (reference) at test site "Bornheim, summer"

The following figures show the measuring cabinet at the field test sites Cologne, Bonn and Bornheim.

Figure 28: Field test site Cologne, summer & winter

Figure 29: Field test site Bonn, winter

Figure 30: Field test site Bornheim, summer

In addition to the measuring systems for the measurement of ambient air pollution through suspended particulate matter, a data acquisition system for meteorological parameters was installed on the cabinet/at the test site where the measurement was carried out. Ambient temperature, ambient pressure, humidity, wind velocity, wind direction, and the amount of precipitation were monitored continuously. 30-minutes mean values were stored.

The cabinet setup and the arrangement of the sample probes had the following dimensions:

- Height of cabinet roof: 2.50 m
- Sampling height for tested system 1.70 m / 0.51 m above cabinet roof
- Sampling height for reference system 4.20 / 3.01 m above ground
- Height of wind vane: 4.5 m above ground

The following Table 5 therefore contains an overview of the most important meteorological parameters that have been obtained during the measurements at the 4 field test sites as well as an overview of the concentrations of suspended particulate matter during the test period. All single values are provided in annexes 5 and 6.

Table 5: Ambient conditions at the field test sites, daily mean values

	Cologne, summer	Cologne, winter	Bonn, winter	Bornheim, summer
Number of value pairs Reference PM_{10}	82	52	50	49
Number of value pairs Reference $PM_{2.5}$	82	52	50	47
$PM_{2.5}$ ratio in PM_{10} [%]				
Range	38.2 – 73.7	41.6 – 97.2	42.2 – 96.5	39.1 – 84.6
Mean value	55.8	73.8	70.6	60.0
Ambient temperature [°C]				
Range	8.9 – 30.7	-3.3 – 11.9	-3.4 – 20.0	6.4 – 27.2
Mean value	19.1	4.6	7.8	16.6
Ambient pressure [hPa]				
Range	993 – 1021	988 – 1027	985 – 1021	989 – 1020
Mean value	1008	1004	1004	1007
Rel. humidity [%]				
Range	39.9 – 87.2	70.0 – 91.2	42.8 – 85.8	52.6 – 89.1
Mean value	67.0	81.2	63.4	70.1
Wind velocity [m/s]				
Range	0.1 – 2.7	0.0 – 3.3	0.4 – 4.2	0.2 – 4.7
Mean value	0.7	0.9	1.6	1.5
Amount of precipitation [mm/d]				
Range	0.0 – 29.5	0.0 – 25.7	0.0 – 13.2	0.0 – 34.6
Mean value	2.9	2.9	0.9	3.5

Sampling duration

According to Standard EN 12341, the sampling time shall be 24 h. However, for low concentrations longer sampling times are permissible while for high concentrations shorter sampling times are allowed as well.

According to Standard EN 14907, the sampling time shall be 24 h ± 1 h.

During the field test, a sampling time of 24 h was set for all devices (10:00 – 10:00 (Cologne) and 7:00 – 7:00 (Bonn, Bornheim)).

Data handling

Before the respective analyses for each test site were carried out, the paired reference values determined during the field test were subject to a statistical outlier test according to Grubbs (99 %) in order to prevent any effects of evidently implausible data on the test results. Value pairs identified as significant outliers may be discarded from the pool of values as long as the critical value of test statistic does not fall below the target. According to the Guide [5] of January 2010, not more than 2.5 % of data pairs shall be determined as outliers and discarded.

As far as candidates are concerned, the measured values are usually not discarded unless there are proven technical reasons for implausible values. Throughout the testing no values measured by the candidates were discarded.

Table 6 and Table 7 provide an overview of the number of value pairs that were identified as significant outliners and therefore removed at each site (reference).

Table 6: Results of the Grubbs' outlier test – reference PM_{10}

Number	Test Site	Sampler	No. of data pairs	Maximum no. of values, which can be deleted	No. as found	No. as deleted	No. of remaining data pairs
A	Cologne, summer	PM10 Reference	83	2	1	1	82
B	Cologne, winter	PM10 Reference	52	1	1	0	52
C	Bonn, winter	PM10 Reference	50	1	0	0	50
D	Bornheim, summer	PM10 Reference	50	1	1	1	49

Table 7: Results of the Grubbs' outliner test – reference $PM_{2.5}$

Number	Test Site	Sampler	No. of data pairs	Maximum no. of values, which can be deleted	No. as found	No. as deleted	No. of remaining data pairs
A	Cologne, summer	PM2.5 Reference	84	2	2	2	82
B	Cologne, winter	PM2.5 Reference	52	1	0	0	52
C	Bonn, winter	PM2.5 Reference	50	1	0	0	50
D	Bornheim, summer	PM2.5 Reference	47	1	0	0	47

The following value pairs were discarded:

Table 8: Discarded reference PM_{10} value pairs according to Grubbs

Test site	Date	Reference 1 [µg/m³]	Reference 2 [µg/m³]
Cologne, summer	21.05.2012	45.7	41.6
Bornheim, summer	12.07.2013	28.7	33.5

Table 9: Discarded reference $PM_{2.5}$ value pairs according to Grubbs

Test site	Date	Reference 1 [µg/m³]	Reference 2 [µg/m³]
Cologne, summer	18.05.2012	7.1	16.0
Cologne, summer	23.05.2012	27.3	35.0

Filter handling– mass determination

The following filters were used in the performance test:

Table 10: Used filter materials

Measuring system	Filter material, type	Manufacturer
Reference systems LVS3	Emfab™, ∅ 47 mm	Pall

The filters were handled in compliance with Standard EN 14907.

Details on filter handling and weighing processes are describes in annex 2 of this report.

5. Reference measurement method

In accordance with Standards EN 12341 and EN 14907, the following devices were used in the testing:

1. as reference device for PM_{10}: Small Filter Device Low Volume Sampler LVS3
   Manufacturer: Ingenieurbüro Sven Leckel,
   Leberstraße 63, Berlin, Germany
   Date of construction: 2007
   PM_{10} sampling head

2. as reference device for $PM_{2.5}$: Small Filter Device Low Volume Sampler LVS3
   Manufacturer: Ingenieurbüro Sven Leckel,
   Leberstraße 63, Berlin, Deutschland
   Date of construction: 2007
   $PM_{2.5}$ sampling head

During the testing, two reference systems for each PM_{10} and $PM_{2.5}$ were operated simultaneously with a flow rate of 2.3 m³/h. Under real operating conditions the volume flow control accuracy is < 1 % of the nominal flow rate.

The sampling head of the small filter device LVS3 sucks in the sample air via a rotary vane vacuum pump. The sample volume flow is then measured by means of a measuring orifice between filter and vacuum pump. The suctioned air then streams out of the pump via a separator for the abrasion of the rotary vanes and towards the air outlet.

As soon as the sampling is complete the electronic measurement equipment displays the sucked-in sample air volume in standard or operating m³.

The PM_{10} and $PM_{2.5}$ concentrations were determined by dividing the amount of suspended particulate matter on each filter that had been determined gravimetrically in the laboratory by the respective sampling volume in operating m³.

6. Test results

6.1 4.1.1 Measured value display

The AMS shall have a means to display the measured values.

6.2 Equipment

Additional equipment is not required.

6.3 Method

It was checked whether the AMS has a means to display the measured values.

6.4 Evaluation

The measuring system provides a display that shows the measured values. In addition to the current measurements of the PM_{10} and $PM_{2.5}$ fractions, the “data” submenu also shows the measurements of the PM_1, PM_4, and PM_{total} fractions as well as particle number, ambient temperature, humidity, and ambient pressure (sliding 30-minutes mean during performance testing, updated every second, other adjustments possible).

6.5 Assessment

The measuring system provides a display that shows the measured values.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Figure 31 shows the user interface with the current concentrations.

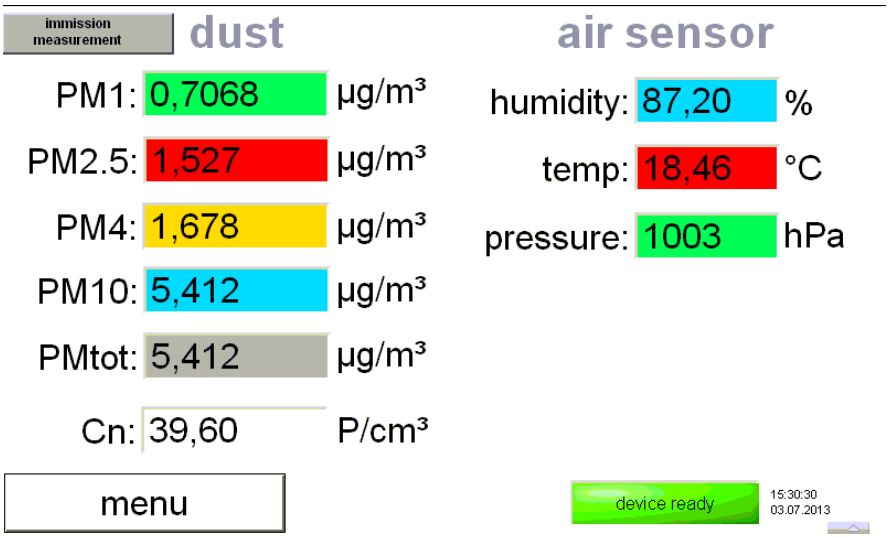


Figure 31: Display of measured concentrations

6.1 4.1.2 Easy maintenance

Necessary maintenance of the measuring systems should be possible without larger effort, if possible from outside.

6.2 Equipment

Additional equipment is not required.

6.3 Method

Necessary regular maintenance work was carried out according to the instructions given in the manual.

6.4 Evaluation

The operator shall carry out the following maintenance work:

1. Check of system status.
   The system status can be monitored and controlled directly or online. The sensitivity of the particle sensor shall be checked using CalDust 1100 once a month, adjustment with CalDust 1100 if deviation from nominal value 130 is greater than ±1.5 channels, but at least every three months.
2. As a matter of principle, the sampling head shall be cleaned according to the instructions provided by the manufacturer. Local concentrations of suspended particulate matter shall be taken into account (during performance testing approx. every 3 months).
3. The system's leak tightness shall be inspected every 3 months according to the manufacturer's information.
4. A flow rate check shall be carried out every 3 months according to the manufacturer's information.
5. The sensors of the weather station WS600-UMB shall be checked once a year (or when necessary) according to the specifications provided by the manufacturer.
6. Cleaning the optical sensor is only required if the photomultiplier-voltage exceeds the calibration value obtained after the last cleaning or on delivery by more than 15 %.
7. The filter shall be cleaned or changed if the suction pump capacity exceeds 50 %.

Maintenance work shall be carried out according to the instructions provided in the manual (chapter 3). In general, all work can be carried out with commonly available tools.

6.5 Assessment

Maintenance work can be carried out from the outside with commonly available tools and reasonable time and effort. In order to perform operations according to items 2,4 and 5, the device shall be switched to calibration mode. Prior to these operations in calibration mode, the IADS is set to 35 °C for the reproducible conditioning of the particle flow and the conditions of volume flow and gas dynamics. The checking procedure itself takes about 15–30 min so that regular measuring can be resumed approx. 1 h after the calibration mode has been started at the latest. The operations described in items 7 and 8 shall only performed when the device is on standstill. However, such works are seldom. During the performance testing period which lasted for more than a year there was no need for said operations. In the meantime, maintenance work is limited to the check of contaminations, plausibility and possible status/error messages.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

During the testing, work on the devices was carried out on the basis of operations and work processes described in the manuals. By adhering to the described procedures no difficulties were observed. Up to this point, all maintenance could be carried out without difficulty and with conventional tools.

6.1 4.1.3 Functional check

If the operation or the functional check of the measuring system requires particular instruments, they shall be considered as part of the measuring system and be applied in the corresponding sub-tests and included in the assessment.
Test gas units included in the measuring system shall indicate their operational readiness to the measuring system by a status signal and shall provide direct as well as remote control via the measuring system.

6.2 Technical equipment

Operator's manual, zero filter, CalDust 1100.

6.3 Method

The system status is monitored continuously and problems are indicated by a series of different status messages. The current status of the monitored parameters can be viewed directly on the instrument display or they can be taken from the data record. If any parameter lies outside of the permissible limits a corresponding error bit is displayed.

The zero point of the measuring system can also be checked externally by applying a zero filter to the instrument's inlet. The use of this filter allows the provision of particulate-free air.

During the testing, the zero point was determined using a zero filter approx. every 4 weeks.

The measuring system continuously monitors the sensitivity of the particle senor internally. Should there be a deviation from the nominal value by more than 3.5 raw data channels, a bug status is set.

The external sensitivity test was carried out by using monodisperse dust (CalDust 1100). When applying the calibration dust, the size distribution is expected to peak in channel 130 (this corresponds to a particle size of 0.93 µg/m³). In order to make the quantification of deviations in the classification possible, the datasets obtained in the field test were used to calculate the effects of a peak shift of max. ±3 channels on the measured PM value. For evaluation, hypothetical values of 25 µg/m³ for $PM_{2.5}$ and 40 µg/m³ for PM_{10} have been estimated for the ideal event (peak exactly in channel 130). The concentration value, which is to be expected corresponding to the peak shift, was then calculated according to the following matrix.

In the course of the testing, the sensitivity of the particle sensor was determined at the beginning and at the end of each campaign.

6.4 Evaluation

All functions described in the operator's manual are available or can be activated. The current instrument status is continuously monitored and different warning messages are displayed in the case of problems.

External zero point checks by means of a zero filter can be carried out at any time. Using the calibration dust CalDust 1100, the sensitivity of the particle sensor can also be checked at all times.

6.5 Assessment

All functions described in the operator's manual are available, can be activated, and work properly. The current instrument status is continuously monitored and different warning messages are displayed in the case of problems.

The results of the external zero point checks by means of zero filter that were carried out during the field tests as well as the sensitivity tests on the particle sensor that were carried out periodically are described in Chapter 6.1 5.3.12 Long-term drift in this report.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

See chapter 6.1 5.3.12 Long-term drift

6.1 4.1.4 Setup times and warm-up times

The AMS' setup and warm-up times shall be stated in the manual.

6.2 Equipment

A timer was provided additionally.

6.3 Method

The measuring systems were activated according to the manufacturer's specifications. The amounts of time required for setup and warm-up were recorded separately.

Structural measures taken before installation, like for instance the opening of the cabinet roof, have not been assessed here.

6.4 Evaluation

The setup time comprises the time needed for all necessary works from system installation to start-up.

The Fidas® 200 S measuring system is equipped with weatherproof housing and thus designed for outdoor installation. As a result, all that is needed at the installation site is a 220V power connection.

The following steps are required for the installation of the measuring system:

- Unpacking and Installation of the AMS
- Installation of weather station, antenna, GPS-receiver, sampling pipe, Fidas® control unit and sampling head
- Connection of all supply and control lines
- Power connection
- Power-up of AMS
- After a warm-up period of at least 1 h, calibration / verification according to chapter 3.1 in the manual. This test comprises 5 steps:
  - Automatic offset alignment
  - Testing of tightness of the overall system
  - Verification/adjustment of sensitivity of the particle sensor
  - Examination of particle flow within the particle sensor
  - Check of volume flow
- (as needed) installation of the gravimetric filter
- Check of instrument setting concerning the implemented evaluation algorithm, date and time etc.
- Examination of sensors for ambient temperature and pressure as well as flow rate
- Optional connection of peripheral logging or control systems (network connection, USB flash drive, Modbus via RS232) to the corresponding ports

These operations, and therefore the setup time for the first-time installation, require approx. 2 h. If mounted once, the measuring system is easy to transport as a whole and can be moved from one measuring test site to another.

The warm-up time is the time between the start of operation of the measuring system and the point when it is ready for measurement.

Upon power-up (boot of Windows operating system and Fidas® start-up manager), the measuring process starts automatically. Depending on the averaging time that has been set it takes a few minutes until the first measurements are displayed. As soon as the status “device ready” is displayed (marked in green on the lower right side of the display), the system is fully operational. After that the device provides the sliding 30-min mean values of the mass concentrations which are updated every second (this setting was chosen for performance testing). The warm-up usually takes about 10-15 min.

If necessary, any changes to basic parameters can quickly be carried out by personnel that are familiar with the AMS. However, normal measuring operation is discontinued and the device is switched to „expert user mode“.

6.5 Assessment

Setup and warm-up times were determined.

The measuring system can easily be operated at various measuring sites. The setup time amounts to approximately 2 h at first-time installation. The warm-up time amounts to 10-15 min, depending on the necessary stabilisation time.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Not required here.

6.1 4.1.5 Instrument design

The instruction manual shall include specifications of the manufacturer regarding the design of the measuring system. These elements are:
Instrument shape (e.g. bench mounting, rack mounting, free mounting)
mounting position (e.g. horizontal or vertical mounting)
safety requirements
dimensions
weight
power consumption.

6.2 Equipment

Additionally, a measuring device for recording the energy consumption and scales were used to test this performance criterion.

6.3 Method

The supplied instruments were compared to the descriptions in the manuals. The specified energy consumption is determined over a 24 h-standard operation during the field test.

6.4 Evaluation

The measuring system Fidas® 200 S is equipped with weatherproof housing and thus designed for outdoor installation. The AMS shall be installed in horizontal position.

Dimensions and weight of the AMS match the information given in the operator's manual.

According to the manufacturer, the energy requirements of the AMS with the inserted pump are about 200 W at maximum for the complete system. During a 24 h test the total power demand of the AMS was determined. During this test, the stated value was not exceeded at any time.

6.5 Assessment

The instrument design specifications listed in the operator's manual are complete and correct.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Not required here.

6.1 4.1.6 Unintended adjustment

It shall be possible to secure the adjustment of the measuring system against illicit or unintended adjustment during operation.

6.2 Technical equipment

No additional tools are required here.

6.3 Method

The measuring system is operated either directly via touch screen display on the front site of the AMS or indirectly from an external computer using internet / web access (for instance with the TeamViewer software) via the RS232 or Ethernet ports.

The menu levels which are not protected by password mostly allow reviewing measurements, parameters etc. While changing the IADS' mode of operation as well as adjusting the particle sensor is also possible on these levels, this can only be done by typing in several key sequences.

Nevertheless, parameters implemented in the system can only be changed in "expert user mode".

Moreover, the door of the weatherproof housing is protected by two locks which prevent unauthorized access to the measuring system.

6.4 Evaluation

Unintended and unauthorised adjustment of instrument parameters can be avoided by password protection. Even without password protection, the change of operation mode of the IADS and the adjustment the particle sensor can only be done by pressing several key sequences. Moreover, additional protection against unauthorised intervention is given by installing the system in a locked measuring cabinet.

6.5 Assessment

The measuring system is secured against illicit or unintentional adjustments of instrument parameters. Additional protection against unauthorized access is provided by the lockable door of the weatherproof housing.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Not required here.

6.1 4.1.7 Data output

The output signals shall be provided digitally (e.g. RS232) and/or as analogue signals (e.g. 4 mA to 20 mA).

6.2 Equipment

PC with “TeamViewer” software or USB flash drive

6.3 Method

For the test, a PC with “TeamViewer” software (via Ethernet / GPS modem) as well as a USB flash drive was used.

Via USB port, raw datasets can directly be stored to a USB flash drive. By means of the “TeamViewer” software they can also be downloaded from an external PC with internet connection via GPS modem. Both options have been used during performance testing. Furthermore, data can be output via UDP protocol using the network interface or they can be uploaded to the manufacturer’s web server automatically.

The AMS offers the possibility to output measured signals or communicate via serial port RS232 (Modbus, Bayern.Hessen protocol, ASCII).

The AMS does not provide analogue output signals.

6.4 Evaluation

The measured signals are offered as follows on the rear side of the instrument:

- 1 x RS232 port for communication via Modbus for remote enquiry of measured values and external control of the measuring system (WebAccess). Application of the Bayern-Hessen protocol is also possible.
- 1 x Ethernet port for connecting to a network or PC for data transmission as well as remote control, for instance via TeamViewer software
- 1 x USB port on the front side of the device, enables direct downloading of data for processing at an external PC
- 1 x USB port on the rear side of the device to connect, for instance, printer, keyboard, mouse or USB flash drive

6.5 Assessment

The test signals are provided digitally (via Ethernet, RS232, and USB).

Connection of additional measuring and peripheral devices via the corresponding ports is possible.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Figure 32 shows the instrument's rear side with the various data outputs.

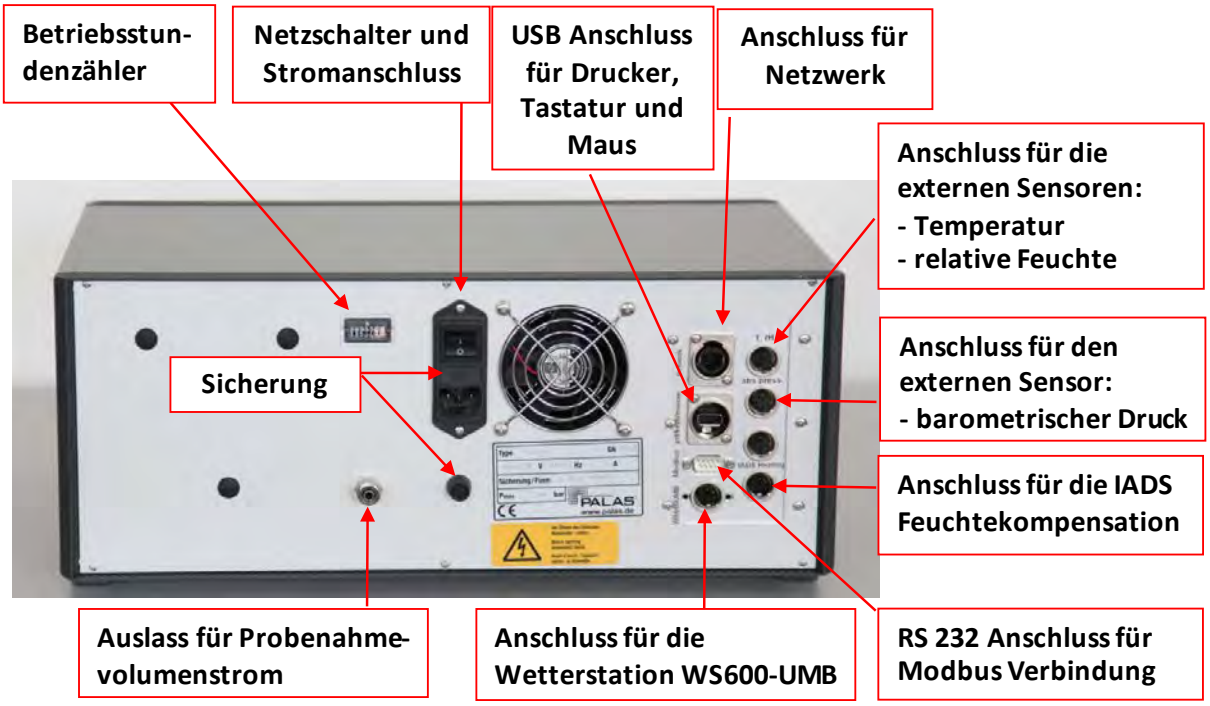


Figure 32: Rear side of the Fidas® 200 S control unit

Key

Betriebsstundenzähler: Operating hour meter

Netzschalter und Stromanschluss: Power switch and power connection

USB Anschluss für Drucker Tastatur und Maus: USB-connection for printer, keyboard and mouse

Anschluss für Netzwerk: Network connection

Anschluss für die externen Sensoren: Temperatur, rel. Feuchte: Connection for external sensors: temperature, rel. humidity

Anschluss für den externen Sensor: barometrischer Druck:

Connection for external sensor: barometric pressure

Anschluss für die IADS Feuchtekompensation: Connection for the IADS moisture compensation

RS 232 Anschluss für Modbus Verbindung: RS 232 connection for Modbus connection

Anschluss für die Wetterstation WS600-UMB:

Connection fort he weather station WS600-UMB

Auslass für Probenahmevolumenstrom:

Exhaust for sample flow

6.1 5.1 General

The manufacturer's information provided in the operator's manual shall not contradict the findings of the performance test.

6.2 Equipment

Not required here.

6.3 Method

The test results are compared with the information given in the manual.

6.4 Evaluation

Instances where the first draft of the manual deviated from the actual design of the instrument have been corrected.

6.5 Assessment

No differences between the instrument design and the descriptions given in the manuals were found.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test result

For this module, refer to item 6.4.

6.1 5.2.1 Certification ranges

The certification range over which the AMS will be tested shall be determined.

6.2 Equipment

No additional tools are required here.

6.3 Method

The certification range over which the AMS will be tested shall be determined.

6.4 Evaluation

VDI Standard 4202, Sheet 1 lists the following minimum requirements for the certification ranges of measuring systems intended for the measurement ambient air pollution through suspended particulate matter:

Table 11: Certification ranges

Component	Minimum value cr	Maximum value cr	Limit value	Assessment period
	in µg/m³	in µg/m³	in µg/m³	
PM_{10}	0	100	50	24h
$PM_{2,5}$	0	50	25	Calendar year

Certification ranges are related to the limit value with the shortest assessment period and used for the assessment period of the measuring system in the range of the limit value. This assessment of the measuring system in the range of the limit value is performed as part of the determination of the expanded uncertainty of the candidates according to the guide [5]. For this purpose, the following values are used as reference values in accordance with the specifications of the Guide:

PM_{10}: 50 µg/m³

$PM_{2.5}$: 30 µg/m³

Refer to test item 6.1 5.4.10 Calculation of expanded uncertainty between systems under test in this report.

6.5 Assessment

Assessment of AMS in the range of the relevant limit values is possible.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Refer to test item 6.1 5.4.10 Calculation of expanded uncertainty between systems under test in this report.

6.1 5.2.2 Measuring range

The upper limit of measurement of the measuring system shall be greater or equal to the upper limit of the certification range.

6.2 Equipment

No additional tools are required.

6.3 Method

It was examined whether the upper limit of measurement is greater or equal to the upper limit of the certification range.

6.4 Evaluation

The AMS can measure up to 4000 particles/cm³ (10% coincidence error).This corresponds to a maximum concentration of 0-10.000 µg/m³ (measured with standardised SAE fine test dust).

Measuring range:	0 – 10.000 µg/m³
Upper limit of certification range:	PM_{10}: 100 µg/m³
	$PM_{2.5}$: 50 µg/m³

6.5 Assessment

The upper limit of measurement is greater than the corresponding upper limit of the certification range.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Not required here.

6.1 5.2.3 Negative output signals

Negative output signals or measured values may not be suppresses (life zero).

6.2 Equipment

No additional tools are required here.

6.3 Method

In the field test and during laboratory testing, it was examined whether the AMS has a means to output negative measured values as well.

6.4 Evaluation

While the AMS has a means to display negative values and transmit these values via the respective signal outputs, no negative output signals occurred during performance testing. Due to measuring principle and instrument design, negative output signals are not to be expected.

6.5 Assessment

Negative output signals are directly displayed by the AMS and can be output via corresponding data outputs. Yet, they are not to be expected due to measuring principle and instrument design.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Not required here.

6.1 5.2.4 Failure in the mains voltage

In case of malfunction of the measuring system or failure in the mains voltage for a period of up to 72 h, uncontrolled emission of operation and calibration gas shall be avoided. The instrument parameters shall be secured by buffering against loss caused by failure in the mains voltage. When mains voltage returns, the instrument shall automatically reach the operation mode and start the measurement according to the operating instructions.

6.2 Equipment

Not required here.

6.3 Method

A failure in the mains voltage was simulated and it was tested, whether the AMS remains undamaged and is ready for measurement after the restart of power supply.

6.4 Evaluation

The measuring systems do not require operation gas or calibration gas, therefore uncontrolled emission of gases is not possible.

When mains voltage returns after a power failure, the AMS automatically boots the Windows operating system as well as the Fidas® start-up manager and reaches the operation mode within a few minutes (see also item 6.1 4.1.4 Setup times and warm-up times).

6.5 Assessment

All parameters are secured against loss by buffering. When mains voltage returns the AMS goes back to failure-free operation mode and automatically resumes measuring after reaching the “device ready” instrument status.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Not required here.

6.1 5.2.5 Operating states

The measuring system shall allow control of important operating states by telemetrically transmitted status signals.

6.2 Equipment

PC for data acquisition.

6.3 Method

A PC was connected indirectly to the AMS via Ethernet / UMTS to check data transfer and instrument status.

Moreover, the AMS can be monitored and controlled via serial ports.

The use of corresponding routers or modems enables telemonitoring and remote control.

6.4 Evaluation

The AMS allows extensive telemetric monitoring and control via various ports (Ethernet, RS232).

6.5 Assessment

The measuring systems can be monitored and operated extensively from an external PC via modem or router.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Not required here.

6.1 5.2.6 Switch-over

Switch-over between measurement and functional check and/or calibration shall be possible telemetrically by computer control or manual intervention.

6.2 Equipment

Not required here.

6.3 Method

The operator can monitor and partially control the AMS directly or via remote control.

Some functions such as checking the particle sensor can be accessed telemetrically but must be carried out on site.

6.4 Evaluation

All operating procedures that do not require practical work on site can be monitored by the user directly or via telemetrical remote control.

6.5 Assessment

In principle, all necessary operations for performing a functional check can be monitored directly on the system or via telemetric remote control.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Not required here.

6.1 5.2.7 Maintenance interval

The maintenance interval of the measuring system shall be determined during the field test and specified. The maintenance interval should be three months, if possible, but at least two weeks.

6.2 Equipment

Not required here.

6.3 Method

The types of maintenance and the maintenance intervals required to ensure proper functioning of the AMS were determined in this performance criterion. In order to determine the maintenance interval, the results of the determination of the drift at zero and at reference point according to chapter 6.1 5.3.12 Long-term drift have been taken into account.

6.4 Evaluation

During the entire field test no impermissible drifts at zero have been observed in the candidates. Regular checks of the reference point by means of standardised CalDust 1100 as per 6.1 5.3.12 Long-term drift have shown that the permissible limits of 130 ± 1.5 channels cannot be ensured within a 3-monthly maintenance interval as has been suggested by the manufacturer. For that reason the check shall be performed once a month.

Thus, the maintenance interval is determined by regularly checking the particle sensor with CalDust 1100 (see also module 4.1.2).

During operating time, maintenance may be limited to contamination checks, plausibility checks and possible status and error messages.

6.5 Assessment

The maintenance interval of 4 weeks has been determined by regular checks of the particle sensor with CalDust 1100.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of results

For necessary maintenance work refer to item (module) 4.1.2 in this report or chapter 3 in the operator's manual.

6.1 5.2.8 Availability

The availability of the measuring system shall be determined during the field test and shall be at least 95%.

6.2 Equipment

Not required here.

6.3 Method

The start and end point of the availability checks are determined by the start and end point at each of the field test sites. For this purpose, all interruptions, for instance those caused by malfunctioning or maintenance work, are recorded as well.

6.4 Evaluation

Table 12 and Table 13 provide lists of operation times, time used for maintenance, and malfunction times. The measuring systems were operated over a period of 322 days in total during the field test. This period includes 27 days of zero filter operation and 1 day that was lost due to changing from inlet to zero filter (see also annex 5).

Downtimes caused by external influences which the instrument cannot be blamed for have been recorded on 10 June 2012, 31 December 2012, and 1 January 2013 (failure in the mains voltage). As a consequence of these external influences, the total operation time has been reduced to 319 days.

The following downtimes have been recorded:

SN 0111:

On 29 May 2012, the system was accidentally deactivated by pushing the “shut down” button on the remote control.

On 5 December 2012, a blown fuse in the heating of the weatherproof housing caused the device to fail.

SN 0112:

On 4 December 2012, 8 December 2012, and 9 December 2012, blown fuses in the heating of the weatherproof housing caused the device to fail.

Apart from that no further downtimes were recorded.

Downtimes caused by routine checks of the particle sensor and maintenance of the sampling heads as well as regular checks of flow rates and instrument tightness amount to 0.5 to 1 h per system. Daily mean values affected by this have not been discarded.

6.5 Assessment

The availability was 99.4 % for SN 0111 and 99.1 % for SN 0112 without test-related downtimes. Including test-related downtimes it was 90.6 % for SN 0111 and 90.3 % for SN 0112.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Table 12: Determination of availability (without test-related downtimes)

		System 1 (SN 0111)	System 2 (SN 0112)
Operating time	d	319	319
Downtime	d	2	3
Maintenance	d	-	-
Actual operating time	d	317	316
Availability	%	99.4	99.1

Table 13: Determination of availability (incl. test-related downtimes)

		System 1 (SN 0111)	System 2 (SN 0112)
Operating time	d	319	319
Downtime	d	2	3
Maintenance incl. zero filter	d	28	28
Actual operating time	d	289	288
Availability	%	90.6	90.3

6.1 5.2.9 Instrument software

The version of the instrument software to be tested shall be displayed during switch-on of the measuring system. The test institute shall be informed on changes in the instrument software, which have influence on the performance of the measuring system.

6.2 Equipment

Not required here.

6.3 Method

It was checked whether the measuring system has a means of displaying the instrument software. The manufacturer was advised to inform the test institute on any changes in the instrument software.

6.4 Evaluation

The current software version (Firmware Fidas® 200) is displayed during switch-on of the measuring system and can always be viewed in the “expert user mode” menu.

The performance test was carried out with software version 100327.

The Fidas® 200 S measuring system saves data in the RAW format. In order to determine the mass concentration values, the stored raw data have to be converted by means of an evaluation algorithm. A size-dependent and weighted algorithm is used to convert particle size and number to mass concentrations. During performance testing, conversion was performed using the evaluation algorithm PM_ENVIRO_0011. The validation of an additional evaluation algorithm demands explicit attestation of compliance with the minimum requirements on the basis of the raw datasets obtained during this performance test.

The applied evaluation algorithm is stored directly in the device. Measured values which have been converted can be viewed on the display or transmitted via serial (Modbus, Bayern/Hessen, ASCII) or network output (UDP protocol). Moreover, the conversion of stored raw datasets to mass concentration values can also be performed externally on a PC with the PDAnalyze software using the PM_ENVIRO_0011 evaluation algorithm. During performance testing, the PDAnalyze software was used in the 1.009 version. In the course of the testing, however, the software was enhanced to include the option “Specific Intervals” which allows the configuration of any desired time intervals when evaluating the data. In this way, the raw datasets can be converted to 24 h mean values without using spreadsheet software. This change results in a new software version 1.010 of PDAnalyze which has no effect on instrument performance.

6.5 Assessment

The version of the instrument software is displayed during switch-on of the measuring system and can be viewed at all times in the “expert user menu”. The test institute is informed on any changes in the instrument software. Mass concentration values are determined by means of the PM_ENVIRO_0011 evaluation algorithm. The validation of an additional evaluation algorithm demands explicit attestation of compliance with the minimum requirements on the basis of the raw datasets obtained during this performance test.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

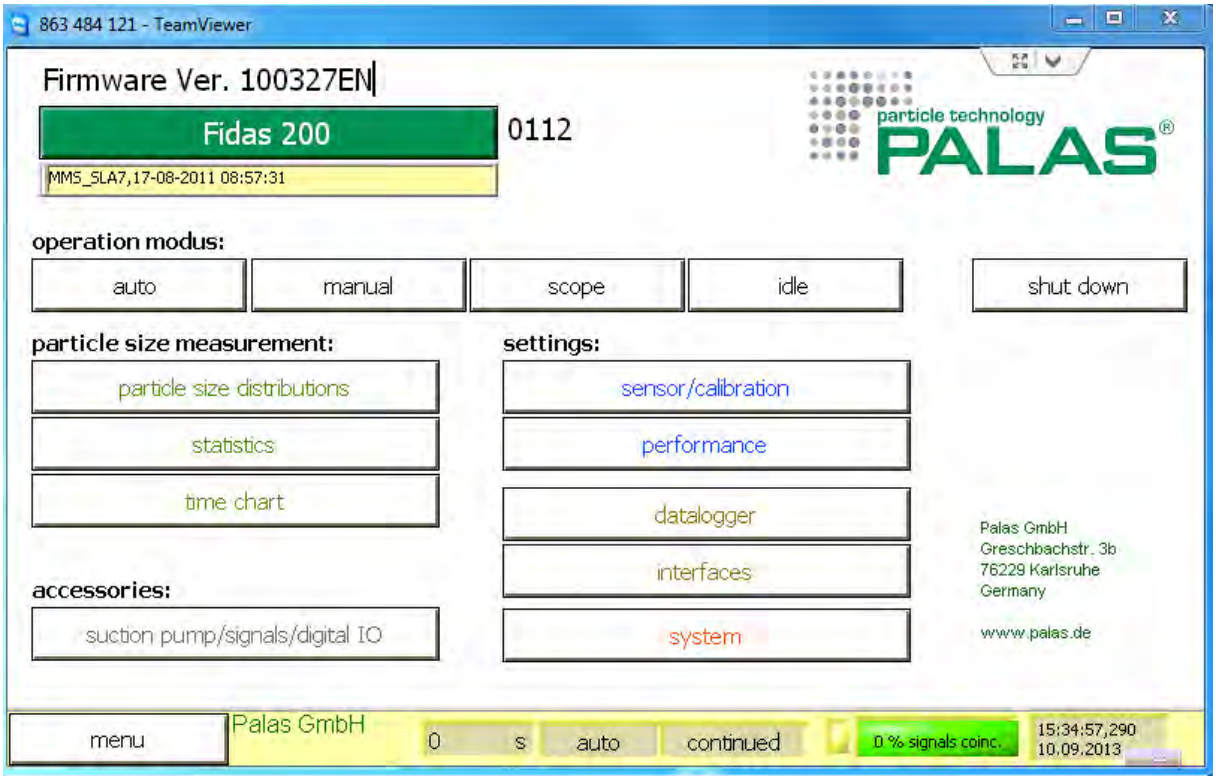


Figure 33: Display of software version – here 100327EN – the label “EN” was only used by Palas in order to mark the firmware used in the performance test and will not appear in the future

6.1 5.3.1 General

The testing is performed on the basis of the minimum requirements stated in VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).

6.2 Equipment

Not required here.

6.3 Method

The testing is performed on the basis of the minimum requirements stated in VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).

6.4 Evaluation

After extensive revision, the VDI Standards 4202, Sheet 1 and 4203, Sheet 3 has been newly published in September 2010. Unfortunately, after this revision there are several ambiguities and inconsistencies in relation to concrete minimum requirements and the general significance of particular test items as far as the testing of particulate measuring systems is concerned. The following test items are in need of clarification:

6.1 5.3.2 Repeatability standard deviation at zero point

→ no performance criterion defined

6.1 5.3.3 Repeatability standard deviation at reference point

→ not applicable to particulate measuring devices

6.1 5.3.4 Linearity (lack of fit)

→ not applicable to particulate measuring devices

6.1 5.3.7 Sensitivity coefficient of surrounding temperature

→ no performance criterion defined

6.1 5.3.8 Sensitivity coefficient of supply voltage

→ no performance criterion defined

6.1 5.3.11 Standard deviation from paired measurements

→ no performance criterion defined

6.1 5.3.12 Long-term drift

→ no performance criterion defined

6.1 5.3.13 Short-term drift

→ not applicable to particulate measuring devices

6.1 5.3.18 Overall uncertainty

→ not applicable to particulate measuring devices

For this reason, an official enquiry was made to the competent body in Germany, to define a coordinated procedure for dealing with the inconsistencies in the guideline.

The following procedure was suggested:

The test items 5.3.2, 5.3.7, 5.3.8, 5.3.11, and 5.3.12 are evaluated as before on the basis of the minimum requirements stated in the 2002 version of VDI Standard 4202, Sheet 1 (i.e. applying the reference values B_0, B_1, and B_2).

The test items 5.3.3, 5.3.4, 5.3.13, and 5.3.18 are omitted as they are irrelevant to particulate measuring devices.

The competent body in Germany agreed with the suggested procedure by decisions of 27 June 2011 and 07 October 2011.

6.5 Assessment

The test was carried out on the basis of the performance criteria stated in VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010). However, the test items 5.3.2, 5.3.7, 5.3.8, 5.3.11, and 5.3.12 were evaluated on the basis of the performance criteria stated in the 2002 version of VDI Standard 4202, Sheet 1 (i.e. applying the reference values B_0, B_1, and B_2). The test items 5.3.3, 5.3.4, 5.3.13, and 5.3.18 were omitted as they are irrelevant to particulate measuring devices.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Not required here.

6.1 5.3.2 Repeatability standard deviation at zero point

The repeatability standard deviation at zero point shall not exceed the requirements of Table 2 in VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010) in the certification range according to Table 1 in VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).

In case of deviating certification ranges, the repeatability standard deviation at zero point shall not exceed 2 % of the upper limit of this certification range.

Note:

With regard to dust measuring devices, this test item cannot be evaluated on the basis of the current version of VDI Standards 4202, Sheet 1 (September 2010) and 4203, Sheet 3 (September 2010). By resolution of the competent body in Germany (see module 5.3.1), reference is made to the following minimum requirement in the previous version of this guideline (VDI Standard 4202, Sheet 1; June 2002):

The detection limit of the measuring system shall not exceed the reference value B_0. The detection limit shall be determined during the field test.

6.2 Equipment

Zero filter for testing the zero point.

6.3 Method

The detection limits of the candidates, SN 0111 and SN 0112, were determined by means of zero filters which were installed at the inlets of instruments. Over a period of 15 days and 24 h/day, particulate-free sample air was fed into the systems. The detection limit was determined in the laboratory test because long-term provision of particulate-free air proved impossible under field conditions.

6.4 Evaluation

The detection limit X is calculated from the standard deviation s_{x0} from the measured values when particulate-free sample air is sucked in by the two candidates. It corresponds to the standard deviation from the mean value s_{x0} of the measured values x_{0i} for each candidate multiplied by the Student's factor:

$$X = t_{n-1;0.95} \cdot s_{x0} \qquad \text{with} \cdot s_{x0} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \overline{x_0})^2}$$

Reference value: $B_0 = 2\ \mu g/m^3$

6.5 Assessment

The tests resulted in detection limits of 8.7 x 10^{-4} µg/m³ (PM_{10}) and 8.7 x 10^{-4} µg/m³ ($PM_{2.5}$) for System 1 (SN 0111), and 6.6 x 10^{-7} µg/m³ (PM_{10}) and 6.6 x 10^{-7} µg/m³ ($PM_{2.5}$) for System 2 (SN 0112).

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Table 14: Detection limit PM_{10}

		Device SN 0111	Device SN 0112
Number of values n		15	15
Average of the zero values $\overline{x_0}$	µg/m³	0,0001924	0,0000002
Standard deviation of the values $s_{\bar{x}0}$	µg/m³	0,0004064	0,0000003
Student-Factor $t_{n-1;0,95}$		2,14	2,14
Detection limit x	µg/m³	**8,7E-04**	**6,6E-07**

Table 15: Detection limit $PM_{2.5}$

		Device SN 0111	Device SN 0112
Number of values n		15	15
Average of the zero values $\overline{x_0}$	µg/m³	0,0001638	0,0000002
Standard deviation of the values $s_{\bar{x}0}$	µg/m³	0,0004036	0,0000003
Student-Factor $t_{n-1;0,95}$		2,14	2,14
Detection limit x	µg/m³	**8,7E-04**	**6,6E-07**

The single measured values used in the determination of the detection limit are given in Annex 1 of this report.

6.1 5.3.3 Repeatability standard deviation at reference point

The repeatability standard deviation at reference point shall not exceed the requirements of Table 2 in VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010) in the certification range according to Table 1 in VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010). The limit value or the alert threshold shall be used as reference point.

In case of deviating certification ranges, the repeatability standard deviation at reference point shall not exceed 2 % of the upper limit of this certification range. In this case a value c_t at 70 % to 80 % of the upper limit of this certification range shall be used as reference point.

Note:

By resolution of the competent body in Germany (see module 5.3.1), this test item is irrelevant to particulate measuring systems.

6.2 Equipment

Not applicable.

6.3 Method

Not applicable.

6.4 Evaluation

Not applicable.

6.5 Assessment

Not applicable.

Performance criterion met? -

6.6 Detailed presentation of test results

Not applicable.

6.1 5.3.4 Linearity (lack of fit)

The analytical function describing the relationship between the output signal and the value of the air quality characteristic shall be linear.

Reliable linearity is given, if deviations of the group averages of measured values about the calibration function meet the requirements of Table 2 in VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010) in the certification range according to Table 1 in VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).

For all other certification ranges the group averages of measured values about the calibration function shall not exceed 5 % of the upper limit of the corresponding certification range.

Note:

By resolution of the competent body in Germany (refer to module 5.3.1), this test item is irrelevant to particulate measuring systems. Particulate measuring systems for PM_{10} shall be tested according to performance criterion 5.4.2 “Equivalency of the sampling system”. Particulate measuring systems for $PM_{2.5}$ shall be tested according to performance criterion 5.4.10 “Calculation of expanded uncertainty between systems under test”.

6.2 Equipment

Refer to modules 5.4.2. (PM_{10}) and 5.4.10 ($PM_{2.5}$)

6.3 Method

Particulate measuring systems for PM_{10} shall be tested according to performance criterion 5.4.2 “Equivalency of the sampling system”.

Particulate measuring systems for $PM_{2.5}$ shall be tested according to performance criterion 5.4.10 “Calculation of expanded uncertainty between systems under test”.

6.4 Evaluation

Refer to modules 5.4.2. (PM_{10}) and 5.4.10 ($PM_{2.5}$)

6.5 Assessment

Particulate measuring systems for PM_{10} shall be tested according to performance criterion 5.4.2 “Equivalency of the sampling system”.

Particulate measuring systems for $PM_{2.5}$ shall be tested according to performance criterion 5.4.10 “Calculation of expanded uncertainty between systems under test”.

Performance criterion met? -

6.6 Detailed presentation of test results

Refer to modules 5.4.2 (PM_{10}) and 5.4.10 ($PM_{2.5}$)

6.1 5.3.5 Sensitivity coefficient of sample gas pressure

The sensitivity coefficient of sample gas pressure at reference point shall not exceed the requirements of Table 2 in VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010). A value c_t at 70 % to 80 % of the upper limit of the certification range shall be used as reference point.

Note:

This test item is irrelevant to particulate measuring systems.

6.2 Equipment

Not applicable.

6.3 Method

Not applicable.

6.4 Evaluation

Not applicable.

6.5 Assessment

Not applicable.

Performance criterion met? -

6.6 Detailed presentation of test results

Not applicable.

6.1 5.3.6 Sensitivity coefficient of sample gas temperature

The sensitivity coefficient of sample gas temperature at reference point shall not exceed the requirements of Table 2 in VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010). A value c_t at 70 % to 80 % of the upper limit of the certification range shall be used as reference point.

Note:

This test item is irrelevant to particulate measuring systems.

6.2 Equipment

Not applicable.

6.3 Method

Not applicable.

6.4 Evaluation

Not applicable.

6.5 Assessment

Not applicable.

Performance criterion met? -

6.6 Detailed presentation of test results

Not applicable.

6.1 5.3.7 Sensitivity coefficient of surrounding temperature

The sensitivity coefficient of surrounding temperature at zero and reference point shall not exceed the requirements of Table 2 in VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010). A value c_t at 70 % to 80 % of the upper limit of the certification range shall be used at reference point.

Note:

In relation to particulate measuring systems, this test item cannot be evaluated according to the current versions of VDI Standards 4202, Sheet 1 (September 2010) and 4203, Sheet 3 (September 2010), because the minimum requirements are not defined. By resolution of the competent body in Germany (see module 5.3.1), reference is made to the following requirements stated in the earlier version of VDI Standard 4202, Sheet 1 (June 2002):

If the surrounding temperature changes by 15 K in the range +5 °C to +20 °C or by 20 K in the range +20 °C to +40 °C, the temperature dependence of the measured value at zero point shall not exceed the reference value B_0.

The temperature dependence of the measured value in the range of the reference value B_1 shall not be greater than ± 5 % of the measured value when a change in temperature by 15 K in the range of +5 °C to +20 °C or +20 °C to +40 °C occurs.

6.2 Equipment

Climatic chamber for a temperature range of -20 to +50 °C, zero filter for testing the zero point, CalDust 1100 for testing the reference point.

6.3 Method

According to the manufacturer, the permissible ambient temperature range amounts to -20 °C to +50 °C.

In order to test the dependence of zero point and measured values on the surrounding temperature, the complete measuring systems were operated within a climatic chamber.

For the zero point test particle free sampling air was applied to both measuring systems SN 0111 and SN 0112 by means of zero filters installed at the instrument inlets.

The reference point test comprised a check and evaluation of the peak position upon application of CalDust 1100 in order to test the stability of the sensitivity of both candidates SN 0111 and SN 0112.

The sensitivity test was carried out with monodisperse dust (CalDust 1100). When applying this calibration dust, the size distribution is expected to peak in channel 130 (this corresponds with a particle size of 0.93 µm). In order to make the quantification of deviations in the classification possible, the datasets obtained in the field test were used to calculate the effects of a peak shift of max. ±3 channels on a measured PM value. For evaluation, the ideal event (peak exactly in channel 130) was assumed and hypothetical values of 25 µg/m³ for $PM_{2.5}$ and 40 µg/m³ for PM_{10} were defined. The concentration value to be expected depending on the peak shift was then calculated according to the following matrix (also refer to chapter 4.2 Laboratory test).

The ambient temperature within the climatic chamber was altered in the sequence

20 °C – -20 °C – 20 °C – 50 °C – 20 °C.

The measured values at zero point (3 x 24 h per temperature level) and the measured values at reference point (3 x 24 h per temperature level) were recorded after an equilibration period of 24 h per temperature level.

6.4 Evaluation

Zero point:

The measured concentration values obtained in the individual 24-hour measurements were collected and evaluated. The absolute deviation in µg/m³ per temperature level in relation to the default temperature of 20 °C is considered.

Reference value: B_0 = 2 µg/m³

Reference point:

The measured value's change in percentage for each temperature level in relation to the initial temperature of 20 °C is checked.

6.5 Assessment

The ambient temperature range tested at the AMS installation site was -20 °C to +50 °C. Looking at the values that were output by the AMS, the maximum dependence of ambient temperature in the range of -20 °C to +50 °C at zero was -1.1 x 10^{-5} µg/m³ for $PM_{2.5}$ and -1.1 x 10^{-5} µg/m³ for PM_{10}.

At reference point, no deviations > 5.0 % for $PM_{2.5}$ and > 4.6 % for PM_{10} in relation to the default temperature of 20 °C were observed.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Table 16: Dependence of zero point on ambient temperature, deviations in µg/m³, mean value of three measurements, PM_{10}, SN 0111 & SN 0112

Ambient temperature		Deviation	
Start temperature	End temperature	SN 0111	SN 0112
°C	°C	µg/m³	µg/m³
20	-20	0,0E+00	-1,1E-05
-20	20	0,0E+00	-9,8E-06
20	50	1,2E-06	-1,1E-05
50	20	2,8E-07	-1,1E-05

Table 17: Dependence of zero point on ambient temperature, deviations in µg/m³, mean value of three measurements, $PM_{2.5}$, SN 0111 & SN 0112

Ambient temperature		Deviation	
Start temperature	End temperature	SN 0111	SN 0112
°C	°C	µg/m³	µg/m³
20	-20	0,0E+00	-1,1E-05
-20	20	0,0E+00	-9,8E-06
20	50	1,2E-06	-1,1E-05
50	20	2,8E-07	-1,1E-05

Table 18: Dependence of sensitivity (CalDust 1100) on ambient temperature, deviation in %, mean value of three measurements, PM_{10}, SN 0111 & SN 0112

Ambient temperature		Deviation	
Start temperature	End temperature	SN 0111	SN 0112
°C	°C	[%]	[%]
20	-20	-4.4	4.6
-20	20	-0.2	0.1
20	50	-1.2	0.1
50	20	0.1	0.2

Table 19: Dependence of sensitivity (CalDust 1100) on ambient temperature, deviation in %, mean value of three measurements, $PM_{2.5}$, SN 0111 & SN 0112

Ambient temperature		Deviation	
Start temperature	End temperature	SN 0111	SN 0112
°C	°C	[%]	[%]
20	-20	-4.4	5.0
-20	20	-0.2	0.1
20	50	-1.3	0.1
50	20	0.1	0.2

For the respective results of the 3 individual measurements refer to annex 2 and annex 3.

6.1 5.3.8 Sensitivity coefficient of supply voltage

The sensitivity coefficient of supply voltage shall not exceed the requirements of Table 2 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010). A value c_t at 70 % to 80 % of the upper limit of the certification range shall be used as reference point.

Note:

In relation to particulate measuring systems, this test item cannot be evaluated according to the current versions of VDI Standards 4202, Sheet 1 (September 2010) and 4203, Sheet 3 (September 2010), because the minimum requirements are not defined. By resolution of the competent body in Germany (see module 5.3.1), reference is made to the following requirements stated in the earlier version of VDI Standard 4202, Sheet 1 (June 2002):

Change in the measured value at reference value B_1 caused by the common changes in the mains voltage in the interval (230 +15/-20) V shall not exceed B_0.

6.2 Equipment

Isolation transformer, CalDust 1100 for testing the reference point.

6.3 Method

In order to examine the dependence of measured signal on supply voltage, the latter was reduced from 230 V to 210 V and then increased over an intermediate stage of 230 V to 245 V.

The reference point test comprised a check and evaluation of the peak position upon application of CalDust 1100 in order to test the stability of the sensitivity of both candidates SN 0111 and SN 0112.

The sensitivity test was carried out with monodisperse dust (CalDust 1100). When applying this calibration dust, the size distribution is expected to peak in channel 130 (this corresponds with a particle size of 0.93 µm). In order to make the quantification of deviations in the classification possible, the datasets obtained in the field test were used to calculate the effects of a peak shift of max. ±3 channels on a measured PM value. For evaluation, the ideal event (peak exactly in channel 130) was assumed and hypothetical values of 25 µg/m³ for $PM_{2.5}$ and 40 µg/m³ for PM_{10} were defined. The concentration value to be expected depending on the peak shift was then calculated according to the following matrix (also refer to chapter 4.2 Laboratory test).

As the AMS is not designed for mobile use, separate testing of the dependence of measurement signal on mains frequency was abstained from.

6.4 Evaluation

At reference point, the changes in percentage of the determined measured values were examined for each voltage step in relation to the default voltage of 230 V.

6.5 Assessment

No deviations > 0.8 % for $PM_{2.5}$ and > 0.7 % for PM_{10} in relation to the default value of 230 V due to changes in supply voltage were detected.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Table 21 and Table 20 present a summary of test results.

Table 20: Dependence of measured value on supply voltage, deviation in %, PM_{10}, SN 0111 & SN 0112

Mains voltage		Deviation	
Start voltage	End voltage	SN 0111	SN 0112
V	V	[%]	[%]
230	210	0.0	0.5
210	230	0.1	0.7
230	245	0.3	0.6
245	230	0.2	0.0

Table 21: Dependence of measured value on supply voltage, deviation in %, $PM_{2.5}$, SN 0111 & SN 011212

Mains voltage		Deviation	
Start voltage	End voltage	SN 0111	SN 0112
V	V	[%]	[%]
230	210	0.0	0.5
210	230	0.1	0.8
230	245	0.3	0.6
245	230	0.2	0.0

For the individual results refer to annex 4 in this report.

6.1 5.3.9 Cross-sensitivity

The change in the measured value caused by interfering components in the sample gas shall not exceed the requirements of Table 2 (VDI Standard 4202, Sheet 1; September 2010) at zero and reference point.

Note:

This test item is irrelevant to particulate measuring systems. As minimum requirement 5.4.5 applies in this case, the test results are stated in module 5.4.5.

6.2 Equipment

Not applicable.

6.3 Method

Not applicable.

6.4 Evaluation

Not applicable.

6.5 Assessment

Not applicable.

Performance criterion met? -

6.6 Detailed presentation of test results

Not applicable.

6.1 5.3.10 Averaging effect

For gaseous components the measuring system shall allow the formation of hourly averages.

The averaging effect shall not exceed the requirements of Table 2 (VDI Standard 4202 Sheet 1; September 2010).

Note:

This test item is irrelevant to particulate measuring systems.

6.2 Equipment

Not applicable.

6.3 Method

Not applicable.

6.4 Evaluation

Not applicable.

6.5 Assessment

Not applicable.

Performance criterion met? -

6.6 Detailed presentation of test results

Not applicable.

6.1 5.3.11 Standard deviation from paired measurements

The standard deviation from paired measurements under field conditions shall be determined with two identical measuring systems by paired measurements in the field test. It shall not exceed the requirements of Table 2 (VDI Standard 4202, Sheet 1; September 2010).

Note:

In relation to particulate measuring systems, this test item cannot be evaluated according to the current versions of VDI Standards 4202, Sheet 1 (September 2010) and 4203, Sheet 3 (September 2010), because the minimum requirements are not defined. By resolution of the competent body in Germany (see module 5.3.1), reference is made to the following requirements stated in the earlier version of VDI Standard 4202, Sheet 1 (June 2002):

The "Reproduzierbarkeit" [reproducibility] R_D of the measuring system shall be determined by parallel measurements with two identical measuring systems and shall be at least equal to 10. B_1 shall be used as reference value.

6.2 Equipment

For the determination of reproducibility, the additional measuring systems described in chapter 5 were used.

6.3 Method

Reproducibility is defined as the maximum difference between two randomly chosen single values that have been obtained under equal conditions. Reproducibility was determined using two identical measuring systems that were operated simultaneously during the field test. For this purpose, all measurement data obtained during the entire field test was evaluated.

6.4 Evaluation

The reproducibility is calculated as follows:

$$R = \frac{B_1}{U} \geq 10 \qquad \text{with} \qquad U = \pm s_D \cdot t_{(n;0,95)} \quad \text{and} \quad s_D = \sqrt{\frac{1}{2n} \cdot \sum_{i=1}^{n} (x_{1i} - x_{2i})^2}$$

- R = Reproducibility at B_1
- U = Uncertainty
- B_1 = 40 µg/m³ for PM_{10} and 25 µg/m³ for $PM_{2.5}$
- s_D = Standard deviation from paired measurements
- n = No. of paired measurements
- $t_{(n;0.95)}$ = Student's factor at confidence level of 95 %
- x_{1i} = Measured signal of system 1 (e.g. SN 0111) at i^{th} concentration
- x_{2i} = Measured signal of system 2 (e.g. SN 0112) at i^{th} concentration

6.5 Assessment

In the field test, the reproducibility for the full dataset was 29 for $PM_{2.5}$ and 36 for PM_{10}.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

The test results are summarised in Table 22 and Table 23. The graphical representation for PM_{10} is given in Figure 66 to Figure 70 and for $PM_{2.5}$ in Figure 59 to Figure 63.

Note: The determined uncertainties are related to reference value B_1 for each site:

Table 22: Concentration mean values, standard deviation, uncertainty range, and reproducibility in the field, measured component PM_{10}

Test site	Number	$\bar{c}$ (SN 0111)	$\bar{c}$ (SN 0112)	$\bar{c}_{ges}$	s_D	t	U	R
		µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³		µg/m³	
Cologne, summer	101	15,6	15,4	15,5	0,252	1,984	0,50	80
Cologne, winter	66	20,3	19,6	20,0	0,619	1,997	1,24	32
Bonn, winter	60	28,8	27,9	28,4	0,787	2,000	1,57	25
Bornheim, summer	58	17,2	16,3	16,7	0,825	2,002	1,65	24
All sites	285	19,8	19,2	19,5	0,567	1,968	1,12	36

Table 23: Concentration mean values, standard deviation, uncertainty range, and reproducibility in the field, measured component $PM_{2.5}$

Site	Number	$\bar{c}$ (SN 0111)	$\bar{c}$ (SN 0112)	$\bar{c}_{ges}$	s_D	t	U	R
		µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³		µg/m³	
Cologne, summer	101	9,9	9,9	9,9	0,109	1,984	0,22	115
Cologne, winter	66	17,0	16,4	16,7	0,517	1,997	1,03	24
Bonn, winter	60	21,7	21,1	21,4	0,640	2,000	1,28	20
Bornheim, summer	58	11,4	11,0	11,2	0,475	2,002	0,95	26
All sites	285	14,4	14,0	14,2	0,431	1,968	0,85	29

- $\bar{c}$ (SN 0111): Mean value of concentrations System SN 0111
- $\bar{c}$ (SN 0112): Mean value of concentrations System SN 0112
- $\bar{c}_{ges}$: Mean value of concentrations Systems SN 0111 & SN 0112

For individual values refer to annex 5 of the appendix.

6.1 5.3.12 Long-term drift

The long-term drift at zero point and reference point shall not exceed the requirements of Table 2 (VDI Standard 4202, Sheet 1; September 2010) in the field test. A value c_t at 70 % to 80 % of the upper limit of the certification range shall be used as reference point.

Note:

In relation to particulate measuring systems, this test item cannot be evaluated according to the current versions of VDI Standards 4202, Sheet 1 (September 2010) and 4203, Sheet 3 (September 2010), because the minimum requirements are not defined. By resolution of the competent body in Germany (see module 5.3.1), reference is made to the following requirements stated in the earlier version of VDI Standard 4202, Sheet 1 (June 2002):

The temporal change in the measured value at zero concentration shall not exceed the reference value B_0 in 24 h and in the maintenance interval.
The temporal change in the measured value in the range of the reference value B_1 shall not be greater than ± 5 % of B_1 in 24 h and in the maintenance interval.

6.2 Equipment

Zero filter for testing the zero point, CalDust 1100 for testing the reference point.

6.3 Method

The test was carried out as part of the field test over a period of about 14 months altogether.

In the context of the regular monthly checks carried (including those at the beginning and end of tests at each field test site), both measuring systems were operated with zero filters applied to their inlets for at least 24 h. The measured zero values were then evaluated.

Furthermore, the stability of the sensitivity was checked with CalDust 1100 and evaluated at the beginning and at the end of the tests at each field test site.

6.4 Evaluation

While it is possible to assess zero point drift and drift of the measured value within a 24 h period, it is not useful for particulate measuring systems.

The evaluation at zero point is made on the basis of the measurement results of the regular external zero point measurement by comparing the respective values with the corresponding “measured values” of the previous test and the “measured value” of the first test.

The sensitivity test was carried out with monodisperse dust (CalDust 1100). When applying this calibration dust, the size distribution is expected to peak in channel 130 (this corresponds with a particle size of 0.93 µm). In order to make the quantification of deviations in the classification possible, the datasets obtained in the field test were used to calculate the effects of a peak shift of max. ±3 channels on a measured PM value. For evaluation, the ideal event (peak exactly in channel 130) was assumed and hypothetical values of 25 µg/m³ for $PM_{2.5}$ and 40 µg/m³ for PM_{10} were defined. The concentration value to be expected depending on the peak shift was then calculated according to the following matrix (also refer to chapter 4.2 Laboratory test).

The evaluation at reference point is made on the basis of the measurement results of the regular sensitivity test by comparing the respective values with the corresponding “measured values” of the previous test and the “measured value” of the first test.

6.5 Assessment

For $PM_{2.5}$, the maximum deviation at zero point was 0.1 µg/m³ in relation to the previous value and 0.1 µg/m³ in relation to the start value. Thus, it lies within the permissible limits of B_0 = 2 µg/m³.

For PM_{10}, the maximum deviation at zero point was 0.1 µg/m³ for in relation to the previous value and 0.1 µg/m³ in relation to the start value. Thus, it lies within the permissible limits of B_0 = 2 µg/m³.

The sensitivity drift values that were determined during testing are max. -4.7 % for $PM_{2.5}$ and -8.1 % for PM_{10} in relation to the respective start value. Therefore, they exceed the permissible deviation of ± 5 % of B_1.

The manufacturer suggests adjustment of the AMS as soon as the deviation from the nominal channel 130 is ± 1.5 channels (according to the matrix in chapter 4.2 Laboratory test this corresponds to a 4 % deviation for $PM_{2.5}$ as well as for PM_{10}). On the basis of the results obtained in the drift tests, a sensitivity check shall be carried out once a month.

Performance criterion met? no

6.6 Detailed presentation of test results

Table 24 and Table 25 provide the obtained measured values for zero point as well as the calculated deviations in relation to the previous and the starting value in µg/m³. Figure 34 to Figure 37 provide a graphic representation of zero point drift over the course of testing.

The deviations of the measured values from the corresponding previous value in % are listed in Table 26 and Table 27.

Figure 38 and Figure 40 present graphical representations of the drift of measured values (in relation to the previous values).

Table 24: Zero point drift SN 0111 & SN 0112, PM_{10}, with zero filter

Date	SN 0111			Date	SN 0112		
	Measured Value	Deviation from previous value	Deviation from start value		Measured Value	Deviation from previous value	Deviation from start value
	µg/m³	µg/m³	µg/m³		µg/m³	µg/m³	µg/m³
5/10/2012	0.0	-	-	5/10/2012	0.0	-	-
5/11/2012	0.0	0.0	0.0	5/11/2012	0.0	0.0	0.0
5/12/2012	0.0	0.0	0.0	5/12/2012	0.0	0.0	0.0
5/13/2012	0.0	0.0	0.0	5/13/2012	0.0	0.0	0.0
6/16/2012	0.0	0.0	0.0	6/16/2012	0.0	0.0	0.0
6/17/2012	0.0	0.0	0.0	6/17/2012	0.0	0.0	0.0
7/20/2012	0.1	0.1	0.1	7/20/2012	0.0	0.0	0.0
7/21/2012	0.0	-0.1	0.0	7/21/2012	0.0	0.0	0.0
7/22/2012	0.0	0.0	0.0	7/22/2012	0.0	0.0	0.0
8/17/2012	0.0	0.0	0.0	8/17/2012	0.0	0.0	0.0
8/18/2012	0.0	0.0	0.0	8/18/2012	0.0	0.0	0.0
8/19/2012	0.0	0.0	0.0	8/19/2012	0.0	0.0	0.0
11/19/2012	0.0	0.0	0.0	11/19/2012	0.0	0.0	0.0
11/20/2012	0.0	0.0	0.0	11/20/2012	0.0	0.0	0.0
1/11/2013	0.0	0.0	0.0	1/11/2013	0.0	0.0	0.0
1/12/2013	0.0	0.0	0.0	1/12/2013	0.0	0.0	0.0
1/13/2013	0.0	0.0	0.0	1/13/2013	0.0	0.0	0.0
2/5/2013	0.0	0.0	0.0	2/5/2013	0.0	0.0	0.0
2/6/2013	0.0	0.0	0.0	2/6/2013	0.0	0.0	0.0
2/27/2013	0.0	0.0	0.0	2/27/2013	0.0	0.0	0.0
2/28/2013	0.1	0.1	0.1	2/28/2013	0.1	0.1	0.1
3/30/2013	0.0	-0.1	0.0	3/30/2013	0.0	-0.1	0.0
3/31/2013	0.0	0.0	0.0	3/31/2013	0.0	0.0	0.0
4/1/2013	0.0	0.0	0.0	4/1/2013	0.0	0.0	0.0
4/26/2013	0.0	0.0	0.0	4/26/2013	0.1	0.1	0.1
4/27/2013	0.0	0.0	0.0	4/27/2013	0.0	-0.1	0.0
4/28/2013	0.0	0.0	0.0	4/28/2013	0.0	0.0	0.0
5/14/2013	0.0	0.0	0.0	5/14/2013	0.0	0.0	0.0
5/15/2013	0.1	0.1	0.1	5/15/2013	0.1	0.1	0.1
6/22/2013	0.0	-0.1	0.0	6/22/2013	0.0	-0.1	0.0
6/23/2013	0.1	0.1	0.1	6/23/2013	0.1	0.1	0.1

Table 25: Zero point drift SN 0111 & SN 0112, $PM_{2.5}$, with zero filter

Date	SN 0111			Date	SN 0112		
	Measured Value	Deviation from previous value	Deviation from start value		Measured Value	Deviation from previous value	Deviation from start value
	µg/m³	µg/m³	µg/m³		µg/m³	µg/m³	µg/m³
5/10/2012	0.0	-	-	5/10/2012	0.0	-	-
5/11/2012	0.0	0.0	0.0	5/11/2012	0.0	0.0	0.0
5/12/2012	0.0	0.0	0.0	5/12/2012	0.0	0.0	0.0
5/13/2012	0.0	0.0	0.0	5/13/2012	0.0	0.0	0.0
6/16/2012	0.0	0.0	0.0	6/16/2012	0.0	0.0	0.0
6/17/2012	0.0	0.0	0.0	6/17/2012	0.0	0.0	0.0
7/20/2012	0.1	0.1	0.1	7/20/2012	0.0	0.0	0.0
7/21/2012	0.0	-0.1	0.0	7/21/2012	0.0	0.0	0.0
7/22/2012	0.0	0.0	0.0	7/22/2012	0.0	0.0	0.0
8/17/2012	0.0	0.0	0.0	8/17/2012	0.0	0.0	0.0
8/18/2012	0.0	0.0	0.0	8/18/2012	0.0	0.0	0.0
8/19/2012	0.0	0.0	0.0	8/19/2012	0.0	0.0	0.0
11/19/2012	0.0	0.0	0.0	11/19/2012	0.0	0.0	0.0
11/20/2012	0.0	0.0	0.0	11/20/2012	0.0	0.0	0.0
1/11/2013	0.0	0.0	0.0	1/11/2013	0.0	0.0	0.0
1/12/2013	0.0	0.0	0.0	1/12/2013	0.0	0.0	0.0
1/13/2013	0.0	0.0	0.0	1/13/2013	0.0	0.0	0.0
2/5/2013	0.0	0.0	0.0	2/5/2013	0.0	0.0	0.0
2/6/2013	0.0	0.0	0.0	2/6/2013	0.0	0.0	0.0
2/27/2013	0.0	0.0	0.0	2/27/2013	0.0	0.0	0.0
2/28/2013	0.1	0.1	0.1	2/28/2013	0.1	0.1	0.1
3/30/2013	0.0	-0.1	0.0	3/30/2013	0.0	-0.1	0.0
3/31/2013	0.0	0.0	0.0	3/31/2013	0.0	0.0	0.0
4/1/2013	0.0	0.0	0.0	4/1/2013	0.0	0.0	0.0
4/26/2013	0.0	0.0	0.0	4/26/2013	0.0	0.0	0.0
4/27/2013	0.0	0.0	0.0	4/27/2013	0.0	0.0	0.0
4/28/2013	0.0	0.0	0.0	4/28/2013	0.0	0.0	0.0
5/14/2013	0.0	0.0	0.0	5/14/2013	0.0	0.0	0.0
5/15/2013	0.0	0.0	0.0	5/15/2013	0.1	0.1	0.1
6/22/2013	0.0	0.0	0.0	6/22/2013	0.0	-0.1	0.0
6/23/2013	0.0	0.0	0.0	6/23/2013	0.0	0.0	0.0

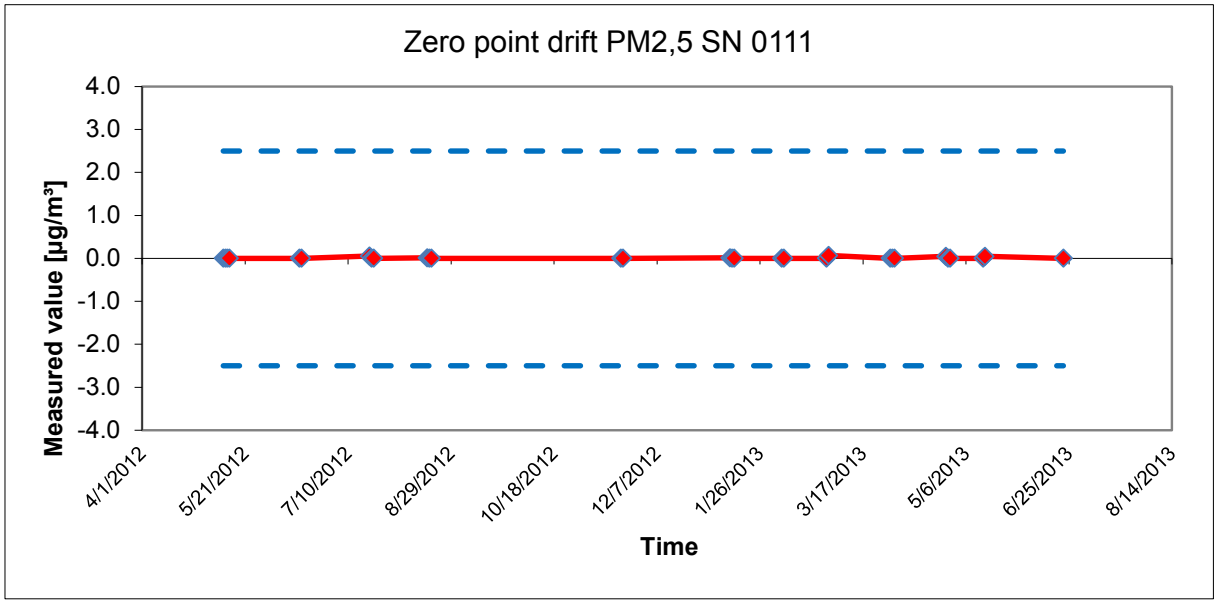


Figure 34: Zero point drift SN 0111, measured component $PM_{2.5}$

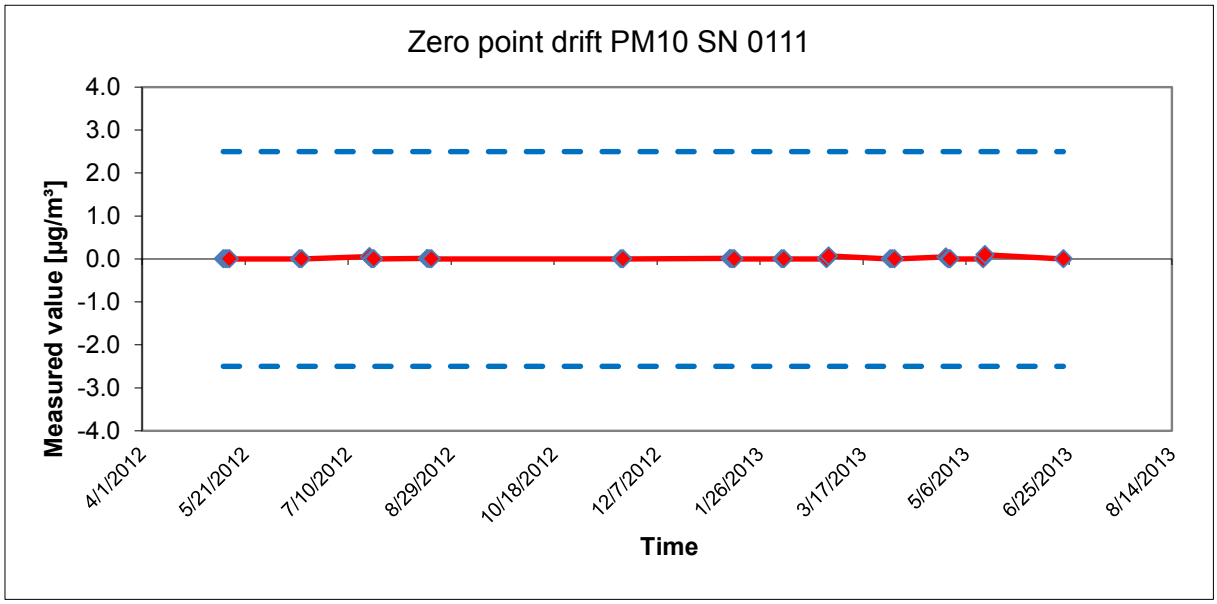


Figure 35: Zero point drift SN 0111, measured component PM_{10}

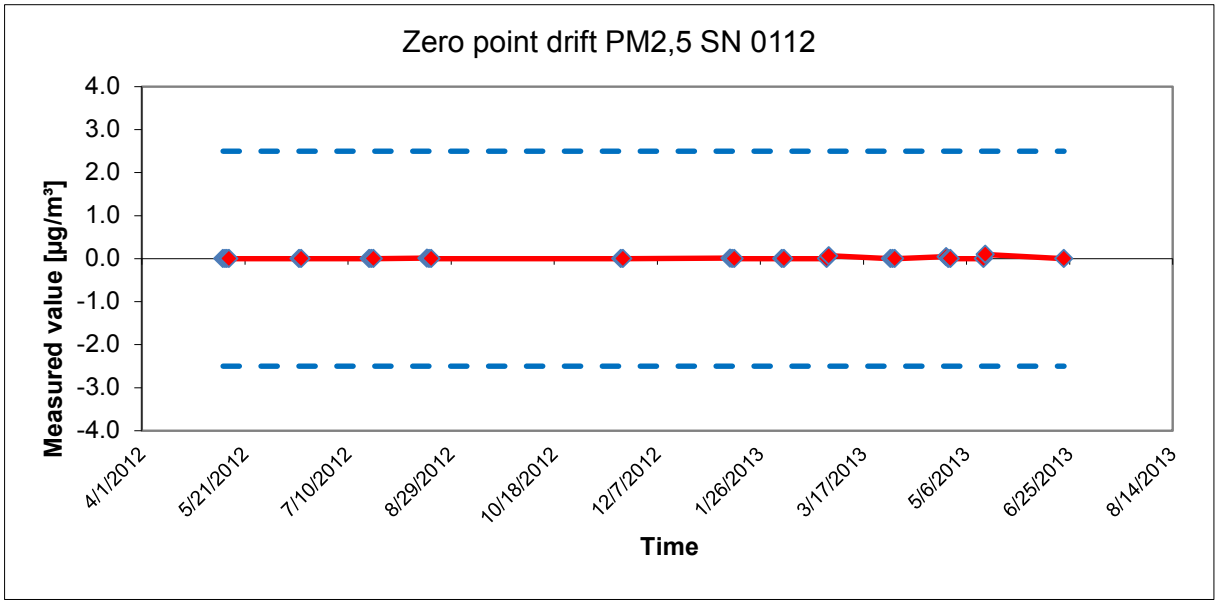


Figure 36: Zero point drift SN 0112, measured component $PM_{2.5}$

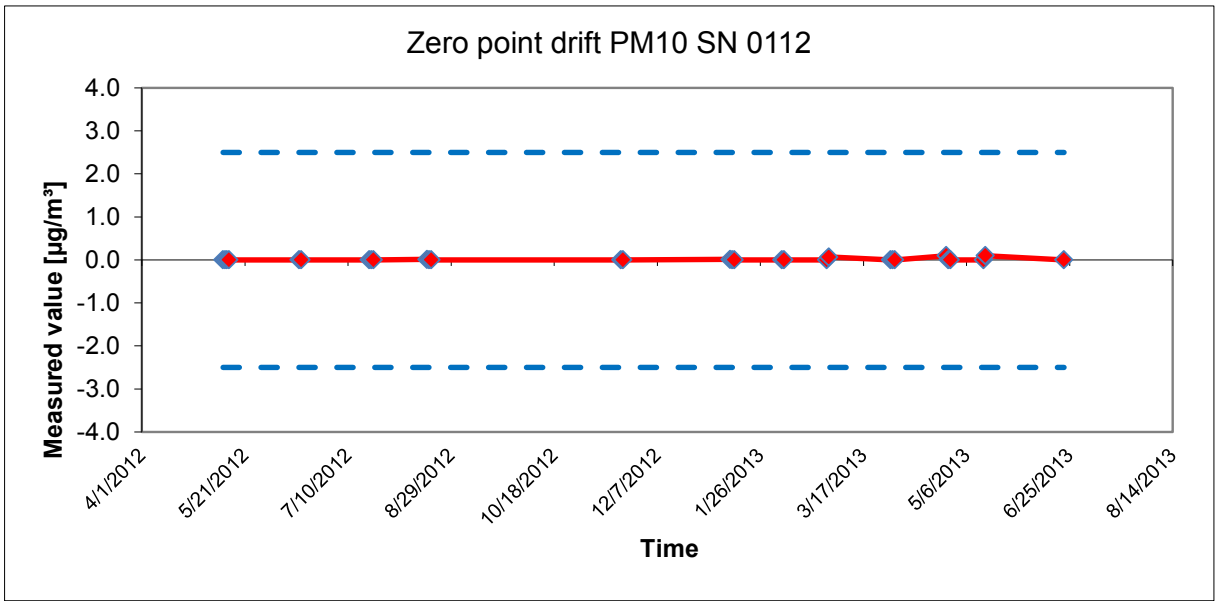


Figure 37: Zero point drift SN 0112, measured component PM_{10}

Table 26: Sensitivity drift SN 0111 & SN 0112, PM_{10}

Date	SN 0111			Date	SN 0112		
	Measured Value	Deviation from previous value	Deviation from start value		Measured Value	Deviation from previous value	Deviation from start value
		%	%			%	%
5/9/2012	40.0	-	-	5/9/2012	40.0	-	-
9/4/2012	39.5	-1.2	-1.2	9/4/2012	37,8*	-5.4	-5.4
11/22/2012	38.5	-2.5	-3.6	11/22/2012	37,8*	0.0	-5.4
2/5/2013	38,1*	-1.1	-4.7	2/5/2013	38.8	2.4	-3.1
2/26/2013	38.8	1.6	-3.1	2/26/2013	36,7**	-5.2	-8.1
5/2/2013	41,6*	7.3	4.0	5/2/2013	39.5	7.6	-1.2
6/13/2013	39.5	-4.9	-1.2	6/13/2013	40.8	3.2	2.0
7/11/2013	40.2	1.7	0.5	7/11/2013	37,8*	-7.2	-5.4

* Adjustment to channel 130
** Deviation larger than 3 channels. Adjustment to channel 130

Table 27: Sensitivity drift SN 0111 & SN 0112, $PM_{2.5}$

Date	SN 0111			Date	SN 0112		
	Measured Value	Deviation from previous value	Deviation from start value		Measured Value	Deviation from previous value	Deviation from start value
		%	%			%	%
5/9/2012	25.0	-	-	5/9/2012	25.0	-	-
9/4/2012	24.7	-1.2	-1.2	9/4/2012	23,7*	-5.4	-5.4
11/22/2012	24.1	-2.5	-3.6	11/22/2012	23,7*	0.0	-5.4
2/5/2013	23,8*	-1.1	-4.7	2/5/2013	24.2	2.4	-3.1
2/26/2013	24.2	1.6	-3.1	2/26/2013	23**	-5.0	-8.0
5/2/2013	26,1*	7.7	4.3	5/2/2013	24.7	7.4	-1.2
6/13/2013	24.7	-5.3	-1.2	6/13/2013	25.6	3.4	2.2
7/11/2013	25.1	1.7	0.5	7/11/2013	23,7*	-7.5	-5.4

* Adjustment to channel 130
** Deviation larger than 3 channels. Adjustment to channel 130

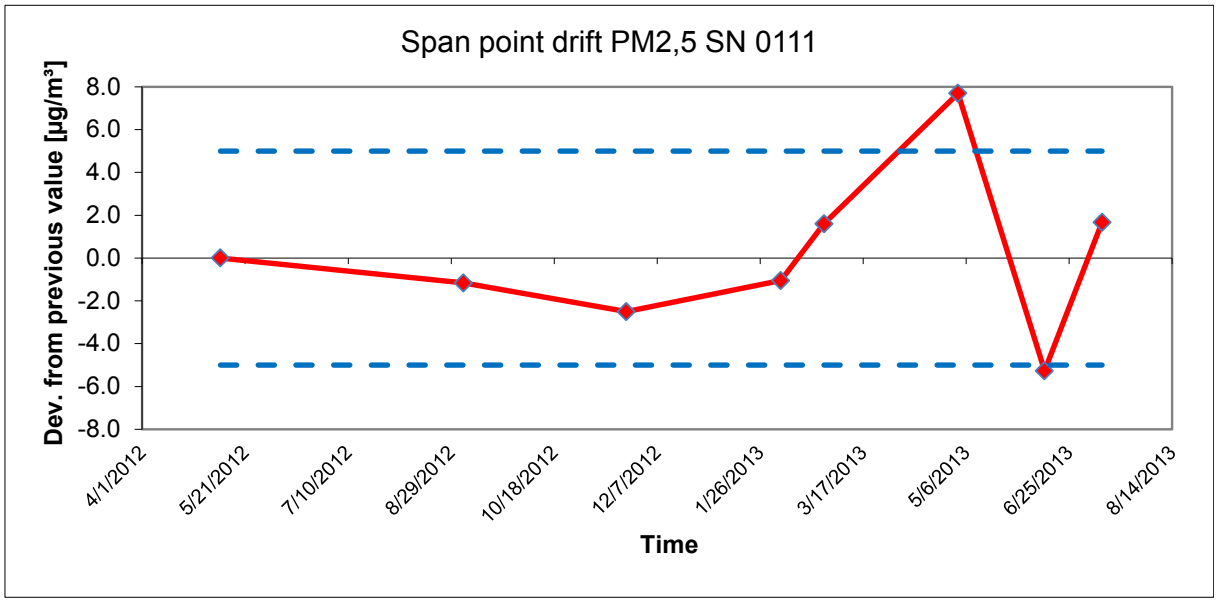


Figure 38: Drift of the measured value SN 0111, measured component $PM_{2.5}$

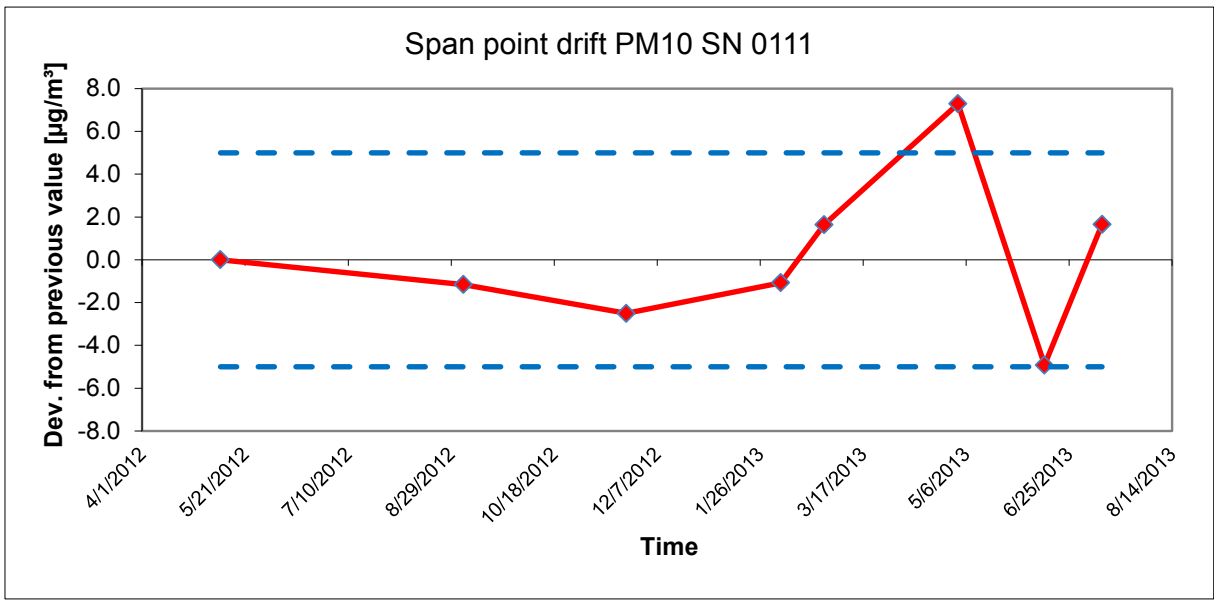


Figure 39: Drift of the measured value SN 0111, measured component PM_{10}

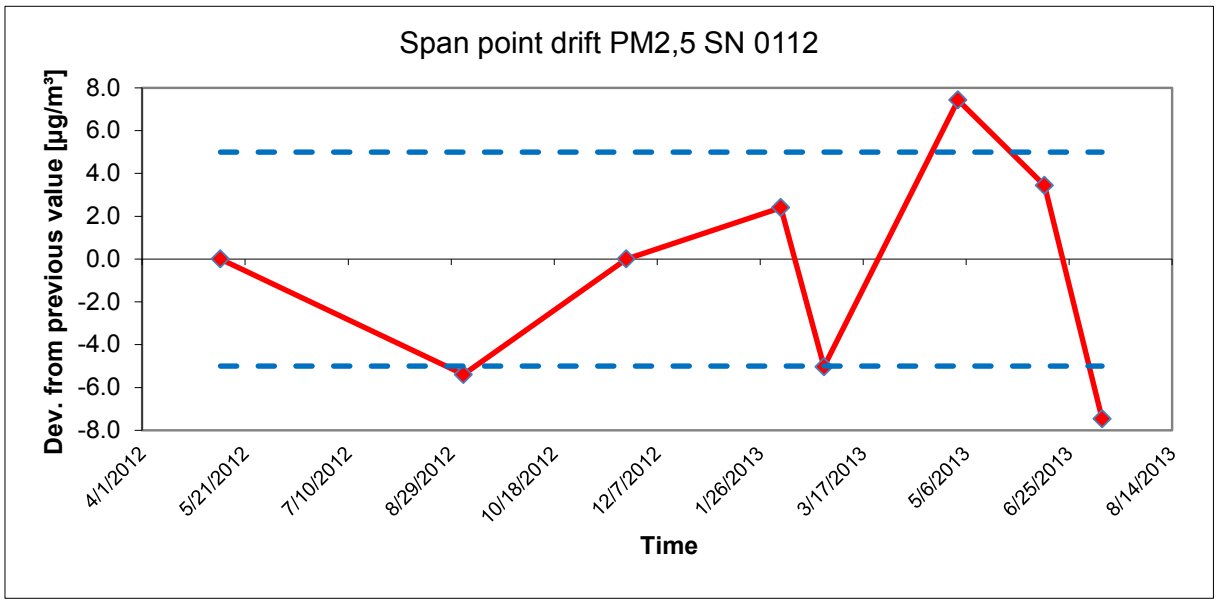


Figure 40: Drift of the measured value SN 0112, measured component $PM_{2.5}$

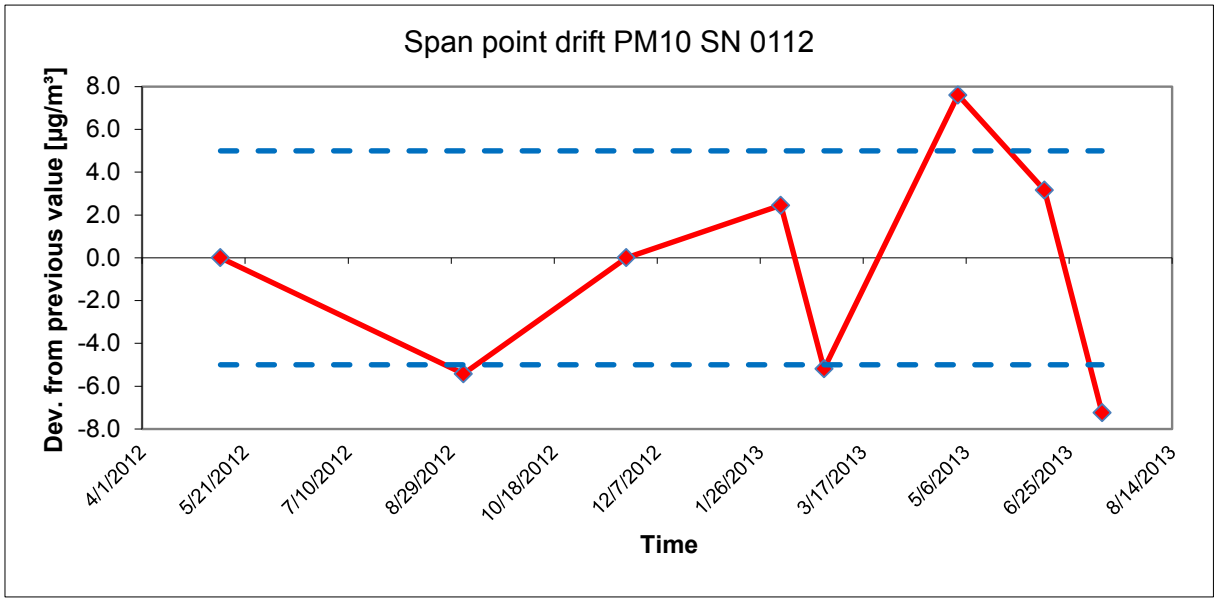


Figure 41: Drift of the measured value SN 0112, measured component PM_{10}

6.1 5.3.13 Short-term drift

The short-term drift at zero point and reference point shall not exceed the requirements of Table 2 (VDI Standard 4202, Sheet 1; September 2010) within 12 h (for benzene 24 h) in the laboratory test and within 24 h in the field test. A value c_t at 70 % to 80 % of the upper limit of the certification range shall be used as reference point.

Note:

By resolution of the competent body in Germany (see module 5.3.1), this test item is irrelevant to particulate measuring systems.

6.2 Equipment

Not applicable.

6.3 Method

Not applicable.

6.4 Evaluation

Not applicable.

6.5 Assessment

Not applicable.

Performance criterion met? -

6.6 Detailed presentation of test results

Not applicable.

6.1 5.3.14 Response time

The response time (rise) of the measuring system shall not exceed 180 s.

The response time (fall) of the measuring system shall not exceed 180 s.

The difference between the response time (rise) and the response time (fall) of the measuring system shall not exceed 10 % of response time (rise) or 10 s, whatever value is larger.

Note:

This test item is irrelevant to particulate measuring systems.

6.2 Equipment

Not applicable.

6.3 Method

Not applicable.

6.4 Evaluation

Not applicable.

6.5 Assessment

Not applicable.

Performance criterion met? -

6.6 Detailed presentation of test results

Not applicable.

6.1 5.3.15 Difference between sample and calibration port

The difference between the measured values obtained by feeding gas at the sample and calibration port shall not exceed the requirements of Table 2 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010). A value c_t at 70 % to 80 % of the upper limit of the certification range shall be used as reference point.

Note:

This test item is irrelevant to particulate measuring systems.

6.2 Equipment

Not applicable.

6.3 Method

Not applicable.

6.4 Evaluation

Not applicable.

6.5 Assessment

Not applicable.

Performance criterion met? -

6.6 Detailed presentation of test results

Not applicable.

6.1 5.3.16 Converter efficiency

In case of measuring systems with a converter, the converter efficiency shall be at least 98 %.

Note:

This test item is irrelevant to particulate measuring systems.

6.2 Equipment

Not applicable.

6.3 Method

Not applicable.

6.4 Evaluation

Not applicable.

6.5 Assessment

Not applicable.

Performance criterion met? -

6.6 Detailed presentation of test results

Not applicable.

6.1 5.3.17 Increase of NO_2 concentration due to residence in the AMS

In case of NO_x measuring systems the increase of NO_2 due to residence in the measuring system shall not exceed the requirements of Table 2 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).

The requirements of Table 2 of VDI Standard 4202, Sheet 1 apply to certification ranges according to Table 1 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010). For deviating certification ranges the requirements shall be proportionally converted.

Note:

This test item is irrelevant to particulate measuring systems.

6.2 Equipment

Not applicable.

6.3 Method

Not applicable.

6.4 Evaluation

Not applicable.

6.5 Assessment

Not applicable.

Performance criterion met? -

6.6 Detailed presentation of test results

Not applicable.

6.1 5.3.18 Overall uncertainty

The expanded uncertainty of the measuring system shall be determined. The value determined shall not exceed the corresponding data quality objectives in the applicable EU Directives on air quality listed in Annex A, Table A 1 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).

Note:

By resolution of the competent body in Germany (see module 5.3.1), this test item is irrelevant to particulate measuring systems. Please refer to module 5.4.10.

6.2 Equipment

By resolution of the competent body in Germany (see module 5.3.1), this test item is irrelevant to particulate measuring systems. Please refer to module 5.4.10.

6.3 Method

By resolution of the competent body in Germany (see module 5.3.1), this test item is irrelevant to particulate measuring systems. Please refer to module 5.4.10.

6.4 Evaluation

By resolution of the competent body in Germany (see module 5.3.1), this test item is irrelevant to particulate measuring systems. Please refer to module 5.4.10.

6.5 Assessment

By resolution of the competent body in Germany (see module 5.3.1), this test item is irrelevant to particulate measuring systems. Please refer to module 5.4.10.

Performance criterion met? -

6.6 Detailed presentation of test results

By resolution of the competent body in Germany (see module 5.3.1), this test item is irrelevant to particulate measuring systems. Please refer to module 5.4.10.

6.1 5.4.1 General

The testing of particulate measuring systems shall be carried out according to the minimum requirements set out in Table 5 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010). Particle mass concentrations shall be related to a defined volume. The relation to volume with respect to pressure and temperature shall be comprehensively described.

6.2 Equipment

No equipment is necessary to test this performance criterion.

6.3 Method

The test was carried out according to the minimum requirements set out in Table 5 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).

To determine whether the measured particle mass concentrations are related to a defined volume was the objective of the test.

6.4 Evaluation

The test was carried out according to the minimum requirements set out in Table 5 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).

The Fidas® 200 S measuring system is an optical measuring system which first determines the number and size of particles within a defined volume and then converts the obtained data to mass values by means of an algorithm. After that, the particle mass concentration is determined by relating the calculated mass to a sample volume.

6.5 Assessment

The test was carried out according to the minimum requirements set out in Table 5 of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).

The Fidas® 200 S measuring system is an optical measuring system which first determines the number and size of particles within a defined volume and then converts the obtained data to mass values by means of an algorithm. After that, the particle mass concentration is determined by relating the calculated mass to a sample volume.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

No equipment is necessary to test this performance criterion.

6.1 5.4.2 Equivalency of the sampling system

The equivalency between the PM_{10} sampling system and the reference method according to Standard EN 12341 [T5] shall be demonstrated.

Not applicable to $PM_{2.5}$ sampling systems. Please refer to module 5.4.10 in this report.

6.2 Equipment

The performance criterion was tested with the additional equipment described in chapter 5 of this report.

6.3 Method

As described in chapter 4 of this report, the test was carried out at various sites during the field test. Different seasons as well as different PM_{10} concentrations were taken into account.

At least 15 valid data pairs were obtained at each test site.

6.4 Evaluation

Requirement according to Standard EN 12341:

The calculated functional correlation y = f(x) between the candidate (y) and the concentration values measured by the reference device (x) shall be limited by a two sided acceptance envelope. This acceptance envelope is defined by:

$y = (x \pm 10)$ µg/m³ for concentration mean values $\leq$ 100 µg/m³ and

$y = 0.9x$ µg/m³ or $1.1x$ µg/m³ for concentration mean values > 100 µg/m³

Furthermore, the variation coefficient R^2 of the calculated reference-equivalence function shall not fall below the value of 0.95.

The test is directed towards the functional correlation between the concentration values obtained from paired determinations between the candidate and the reference device. Ideally, both systems measure the same mass fraction of suspended particulate matter so that y = x. The evaluation procedure is as follows:

A linear regression analysis was carried out for the measured values obtained at all four test sites individually and as a whole.

A reference equivalence function corresponding to the equation below is determined for each measured value y_i of the respective candidate and of the reference device x (both in µg/m³).

$$y_i = m \cdot x + b$$ with i = candidate Fidas® 200 S

6.5 Assessment

The reference equivalence functions for the (uncorrected) datasets lie within the limits of the respective acceptance envelope for all test sites. Moreover, the variation coefficient R^2 of the calculated reference equivalence function in the concentration range concerned is ≥ 0,95 for all test sites with the exception of Cologne (summer; only for SN 0112). Nevertheless, the instruments passed the equivalence test according to 6.1 5.4.10 Calculation of expanded uncertainty between systems under test at all test sites.

Performance criterion met? no

6.6 Detailed presentation of test results

Table 28 and Table 29 present a summary of the results of the regression analyses. Figure 42 to Figure 51 provide graphical representations which illustrate these findings. In addition to the regression lines of both candidates, the diagrams show the curve y = x, which is considered ideal and the two-sided acceptance envelope All individual values for the candidates as well as for the reference devices are listed separately for each test site in annex 5 of the appendix.

Table 28: Results of the linear regression analysis of measurements with both candidates SN 0111 and SN 0112 at all four sites, raw data

SN 0111	**Number of paired values N**	**Slope m**	**Intercept b**	**R^2**
Cologne, summer	81	1.016	-1.226	0.95
Cologne, winter	51	1.056	-1.071	0.99
Bonn, winter	50	1.024	0.455	0.97
Bornheim, summer	45	1.094	-1.481	0.95
SN 0112	**Number of paired values N**	**Slope m**	**Intercept b**	**R^2**
Cologne, summer	82	0.998	-1.116	0.94
Cologne, winter	50	1.019	-1.102	0.99
Bonn, winter	50	0.984	0.651	0.96
Bornheim, summer	45	1.050	0.945	0.95

Table 29: Results of the linear regression analysis of measurements with both candidates SN 0111 and SN 0112 (total), raw data

Candidate	**Number of paired values N**	**Slope m**	**Intercept b**	**R^2**
SN 0111	227	1.061	-1.295	0.97
SN 0112	227	1.025	-1.195	0.97

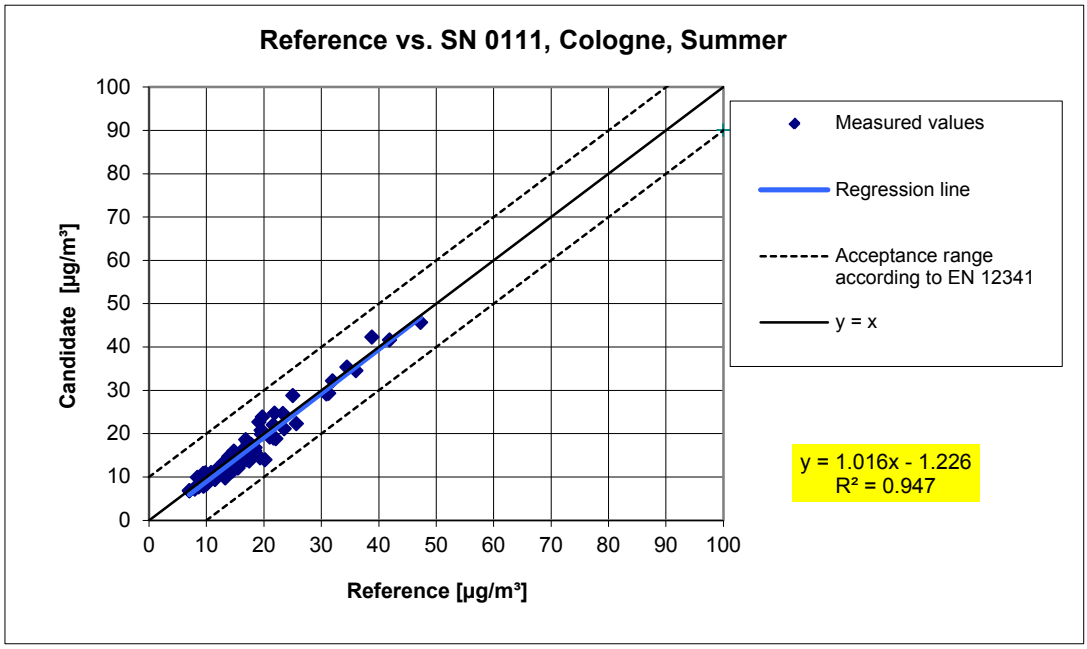


Figure 42: Reference equivalence function SN 0111, test site Cologne, summer

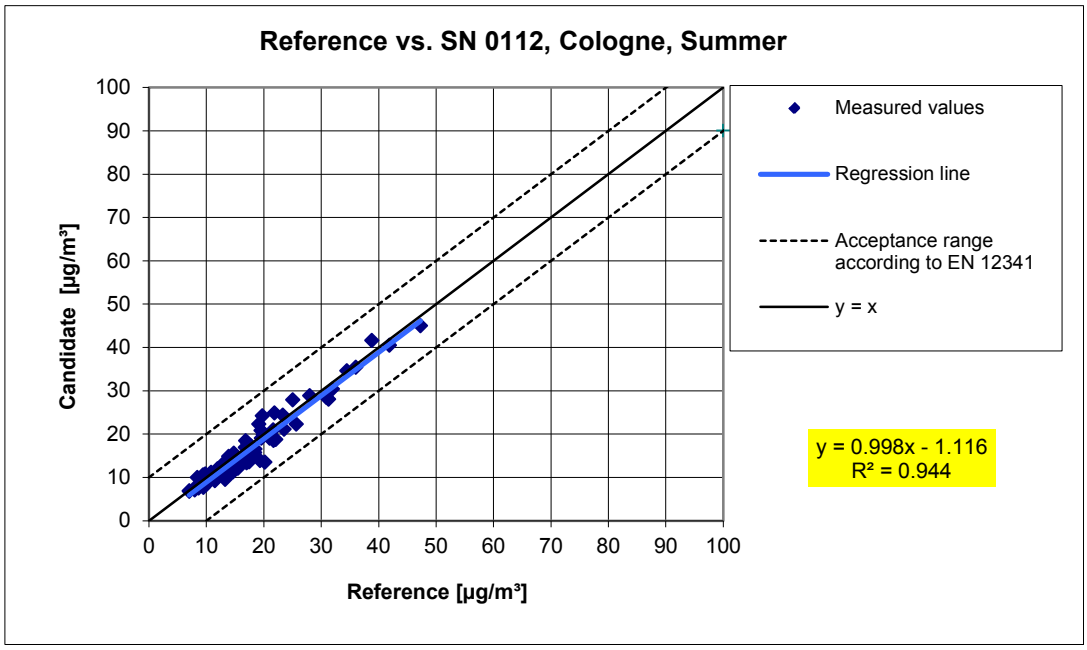


Figure 43: Reference equivalence function SN 0112, test site Cologne, summer

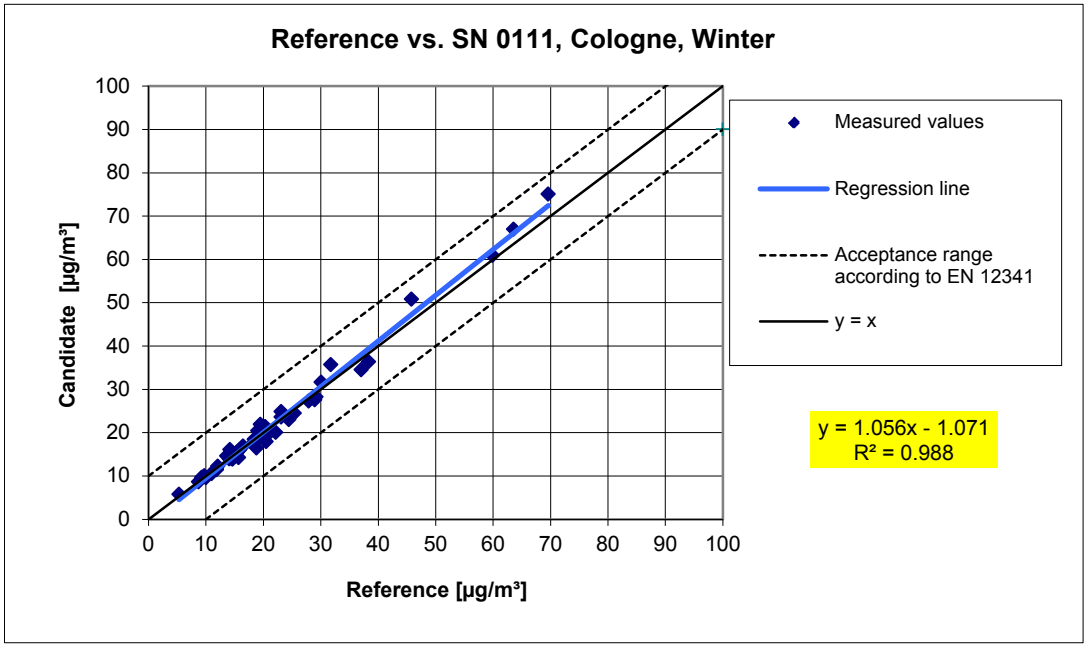


Figure 44: Reference equivalence function SN 0111, test site Cologne, winter

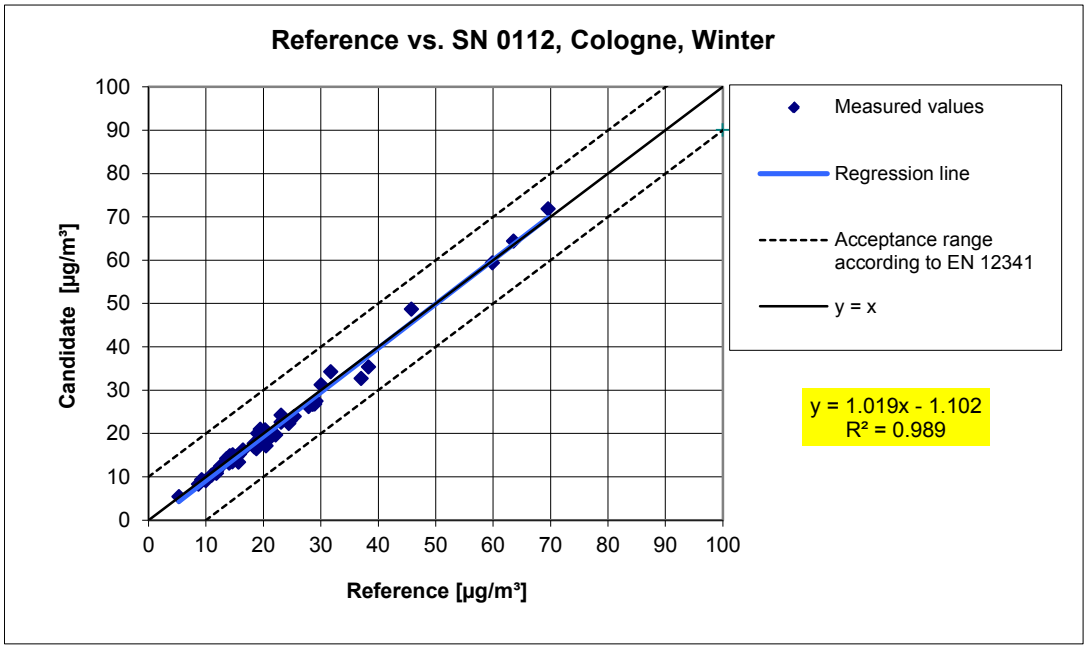


Figure 45: Reference equivalence function SN 0112, test site Cologne, winter

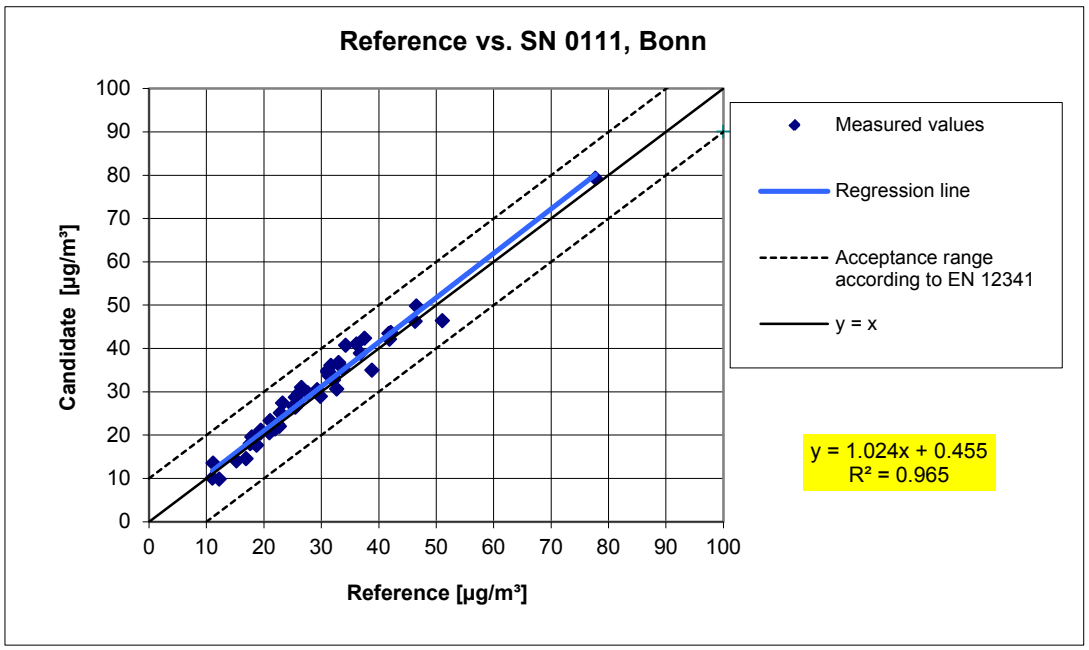


Figure 46: Reference equivalence function SN 0111, test site Bonn, winter

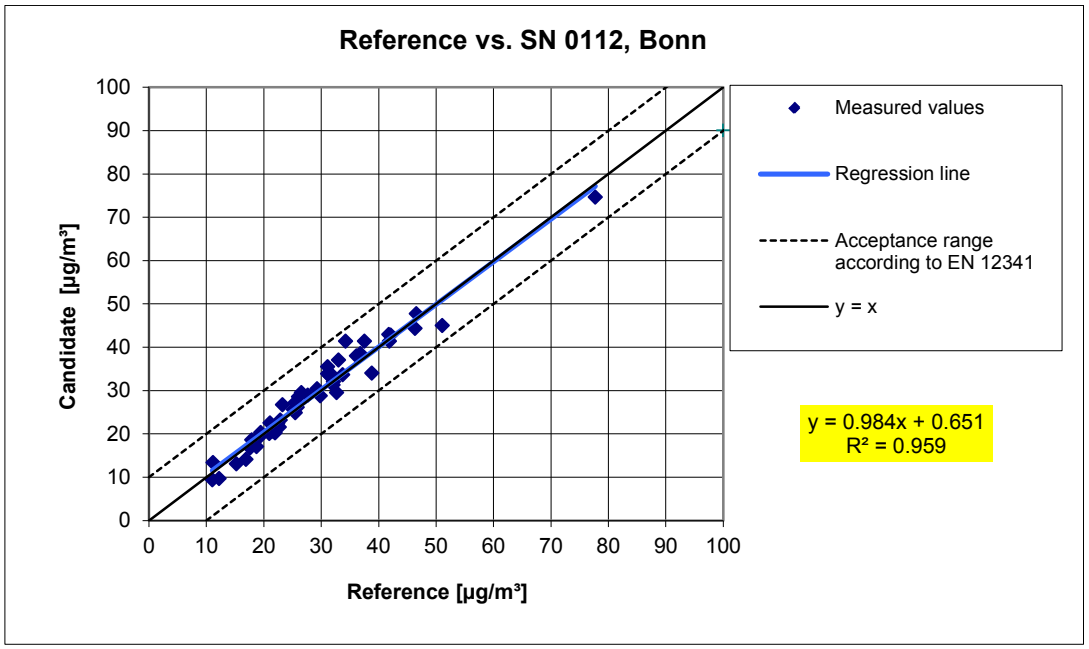


Figure 47: Reference equivalence function SN 0112, test site Bonn, winter

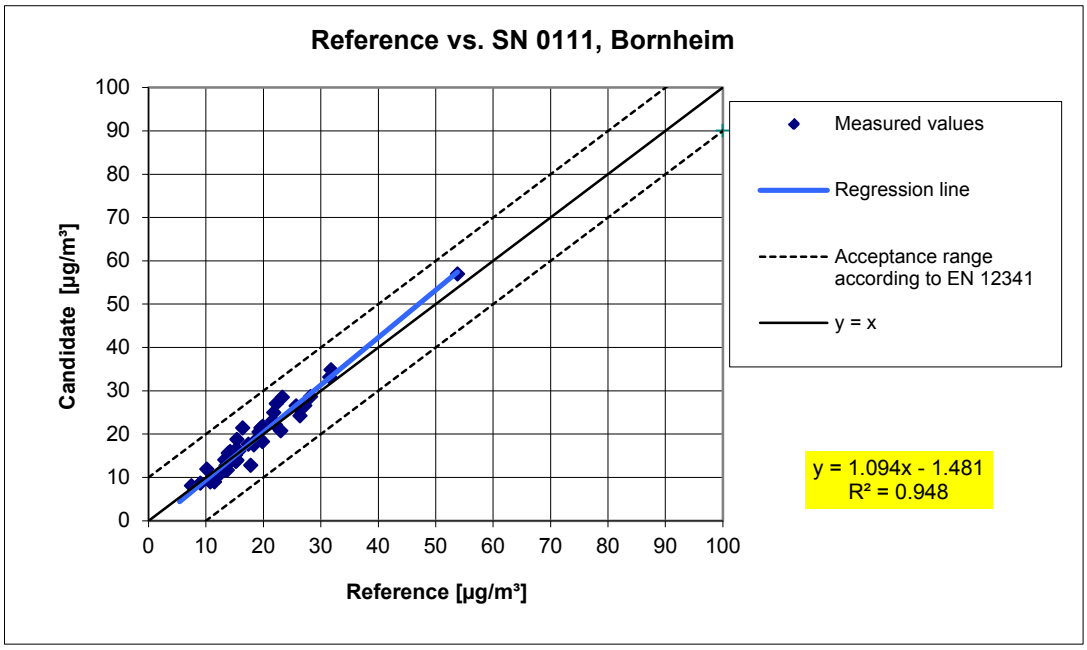


Figure 48: Reference equivalence function SN 0111, test site Bornheim, summer

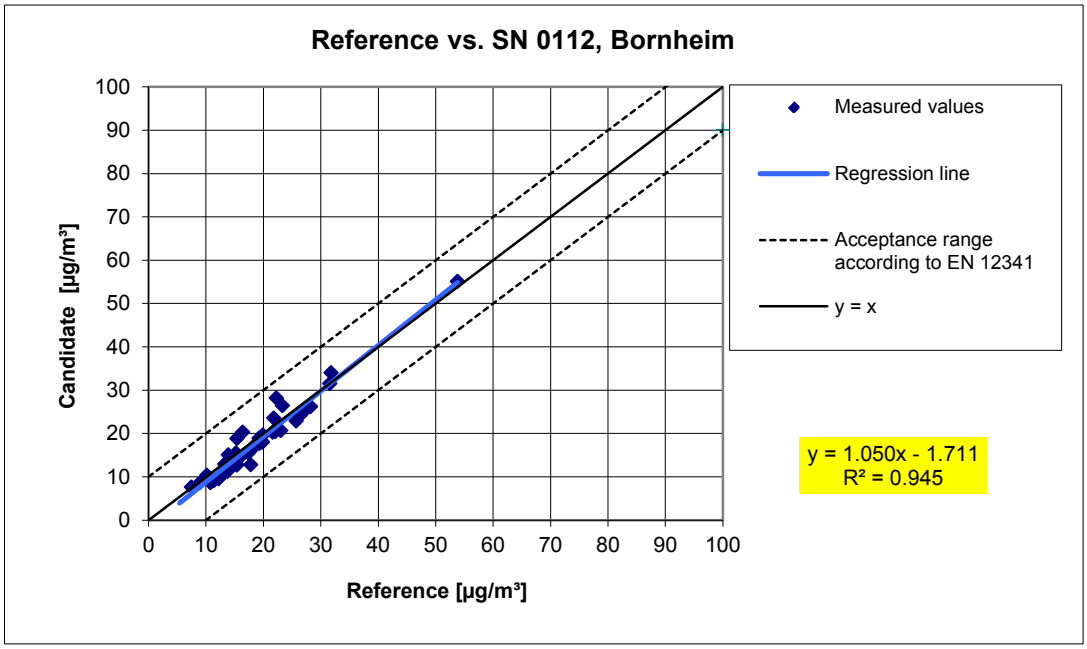


Figure 49: Reference equivalence function SN 0112, test site Bornheim, summer

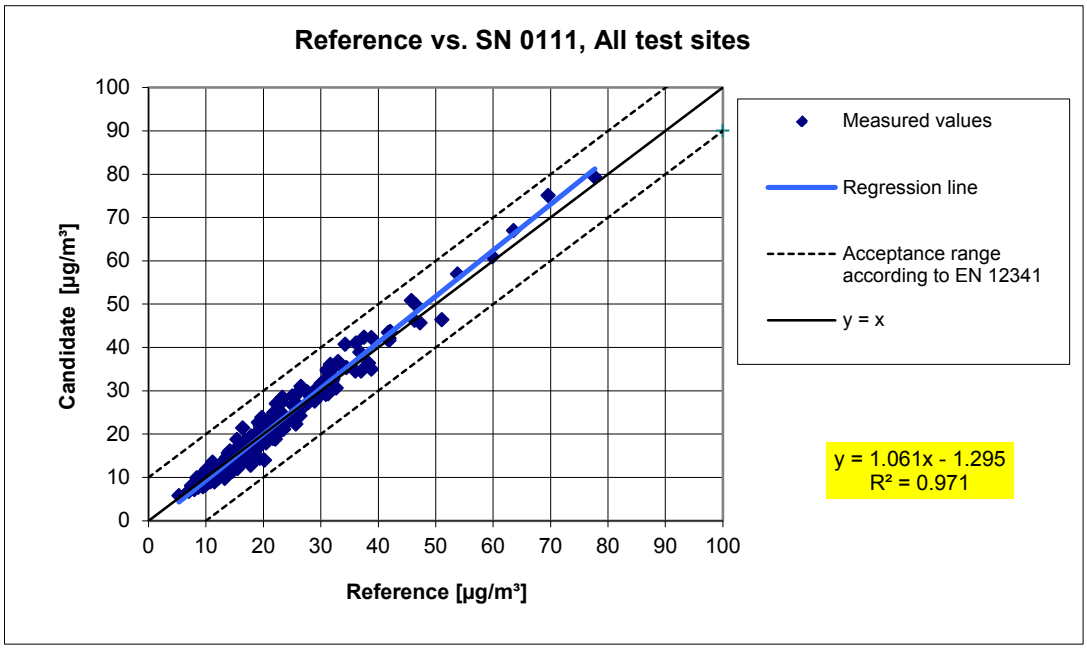


Figure 50: Reference equivalence function SN 0111, all sites

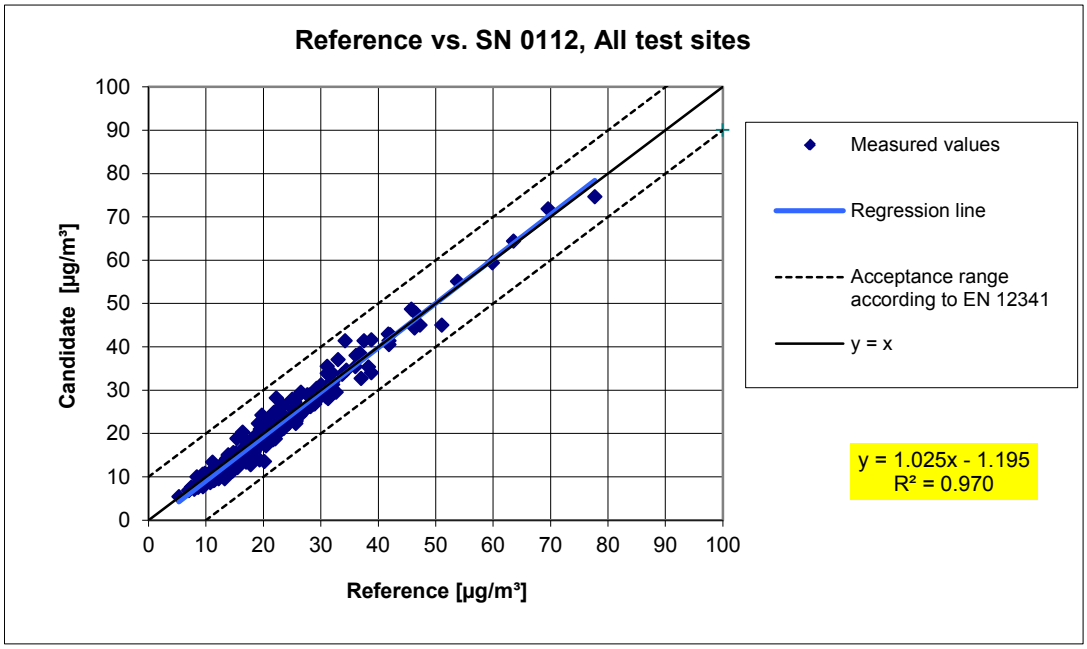


Figure 51: Reference equivalence function SN 0112, all sites

6.1 5.4.3 Reproducibility of the sampling systems

The PM_{10} sampling systems of two identical systems under test shall be reproducible among themselves according to Standard EN 12341 [T5]. This shall be demonstrated in the field test.

Not applicable to $PM_{2.5}$ sampling systems. Please refer to module 5.4.10 in this report.

6.2 Equipment

No equipment is necessary to test this performance criterion.

6.3 Method

The test was carried out at various test sites according to item 4 in this report. Different seasons as well as different PM_{10} concentrations were taken into account.

At least 15 valid data pairs were obtained per site.

6.4 Evaluation

The two-sided confidence interval CI_{95} calculated from the concentration mean values measured by the candidates shall not exceed 5 µg/m³ if the average concentration is ≤ 100 µg/m³. If the average concentration is > 100 µg/m³, the confidence interval shall not exceed 0.05.

The demonstration of the reproducibility of the candidates focuses on the differences D_i between the concentration values Y_i measured by the candidates. Ideally, both candidates are identical and therefore measure the same mass fraction of suspended particulate matter so that $D_i = 0$. The evaluation procedure is as follows:

First, the concentration mean values Y_i are calculated from the concentration values measured simultaneously by both candidates. Then the concentration mean values Y_i are split into two separate datasets:

a) Dataset with $Y_i \leq 100$ µg/m³ with number of data pairs $n_{\leq}$ and
b) Dataset with $Y_i > 100$ µg/m³ with number of data pairs $n_{>}$

With respect to a):

The data pairs of the dataset with $Y_i \leq 100$ µg/m³ are used to calculate the absolute standard deviation s_a:

$$s_a = \sqrt{\left(\sum D_i^2 / 2n_{\leq}\right)}$$

The Student's factor $t_{f_{\leq};0,975}$, which is defined as the 0.975 quantile of the two-sided 95% confidence interval of the Student's t-distribution with $f_{\leq} = n_{\leq} - 2$ degrees of freedom, is applied.

The two-sided 95% confidence interval CI_{95} for concentration mean values ≤ 100 µg/m³ is calculated as follows:

$$CI_{95} = s_a \cdot t_{f_{\leq};0,975}$$

With respect to b):

The relative standard deviation s_r is calculated from the data pairs of the dataset with Y_i > 100 µg/m³:

$$s_r = \sqrt{(\sum (D_i / Y_i)^2 / 2n_{>})}$$

Again, the Student's factor $t_{f_{>};0,975}$ defined as 0.975 quantile of the two-sided 95% confidence interval of the Student's t-distribution with $f_{>} = n_{>} - 2$ degrees of freedom is applied.

The two-sided 95% confidence interval CI_{95} for concentration mean values > 100 µg/m³ is calculated as follows:

$$CI_{95} = s_r \cdot t_{f_{>};0,975}$$

During the field tests, no concentration values > 100 µg/m³ were observed. For that reason, a statistical evaluation is not possible. Hence, consideration according to b) is not required.

6.5 Assessment

The following is applicable to all field test sites:

The two-sided confidence interval CI_{95} of max. 1.88 µg/m³ is far below the permissible limit of 5 µg/m³.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Table 30 lists the calculated values of the standard deviation s_a and the two-sided confidence interval CI_{95}. Figure 52 to Figure 56 provide the graphical representation. Aside from the regression line of both candidates (calculated by means of linear regression analysis), the diagram shows the y = x curve, which is considered ideal, and the two-sided acceptance envelope. All single values for the candidates are provided in annex 5.

Table 30: Two-sided 95% confidence interval CI_{95} for the tested devices SN 0111 and SN 0112

Candidates	Test site	Number of values	Standard deviation s_a	Student's-factor t_f	Confidence interval CI_{95}
SN			µg/m³		µg/m³
0111/0112	Cologne, summer	101	0.30	1.984	0.59
0111/0112	Cologne, winter	66	0.69	1.998	1.38
0111/0112	Bonn, winter	60	0.94	2.002	1.88
0111/0112	Bornheim, summer	58	0.94	2.003	1.87
0111/0112	Total	285	0.71	1.968	1.40

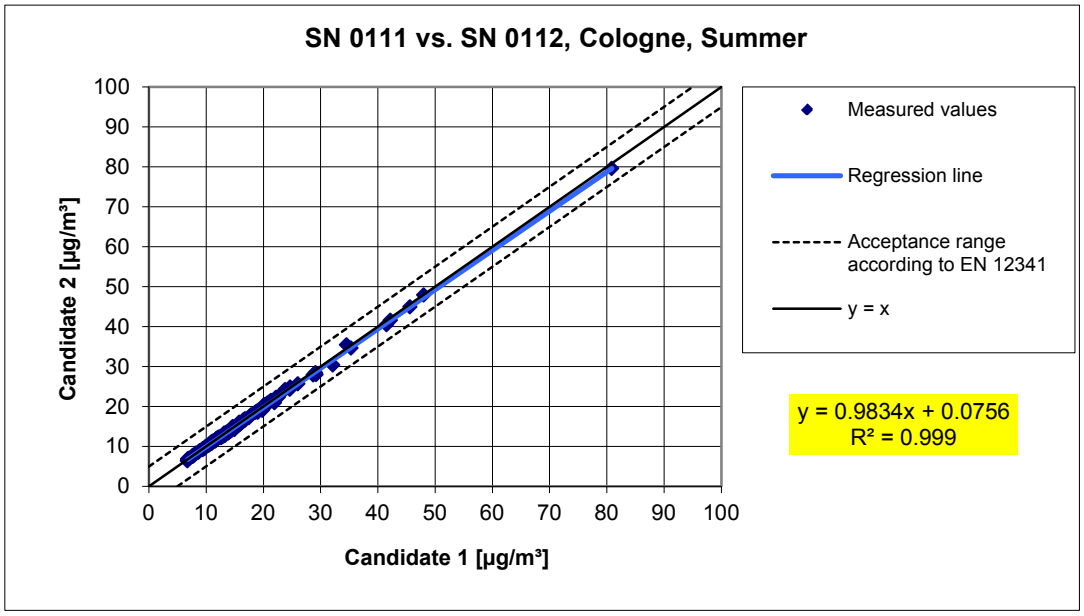


Figure 52: Results of parallel measurements with the tested devices SN 0111 / SN 0112, test site Cologne, summer

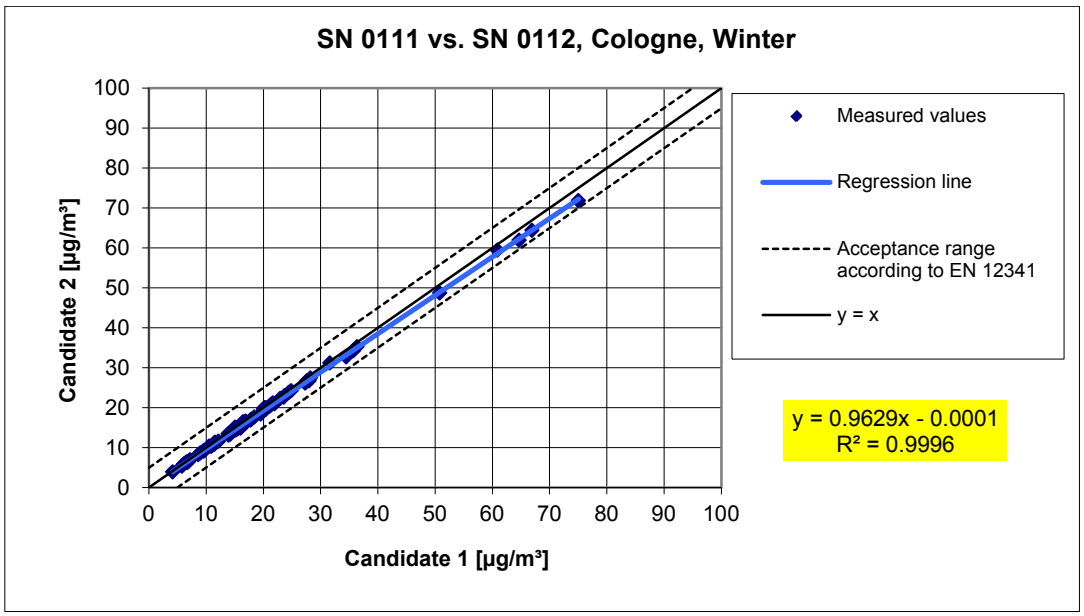


Figure 53: Results of parallel measurements with the tested devices SN 0111 / SN 0112, test site Cologne, winter

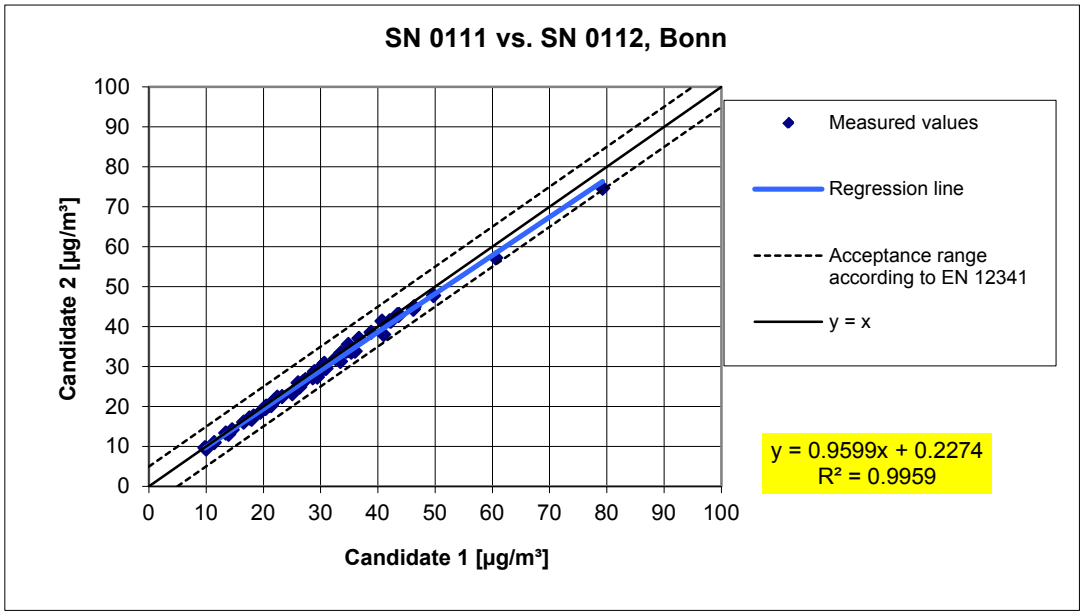


Figure 54: Results of parallel measurements with the tested devices SN 0111 / SN 0112, test site Bonn, winter

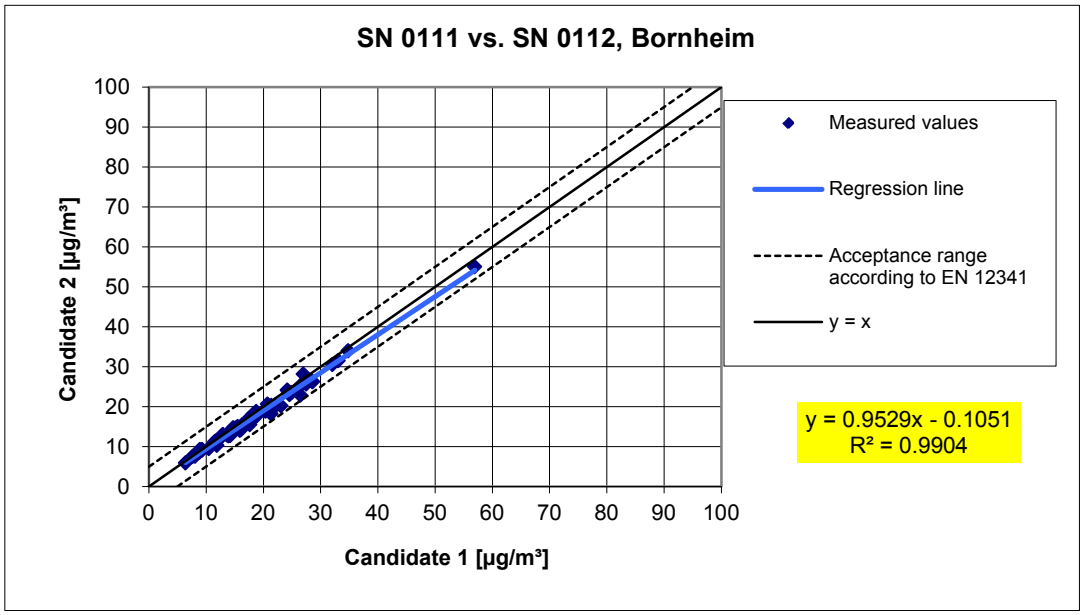


Figure 55: Results of parallel measurements with the tested devices SN 0111 / SN 0112, test site Bornheim, summer

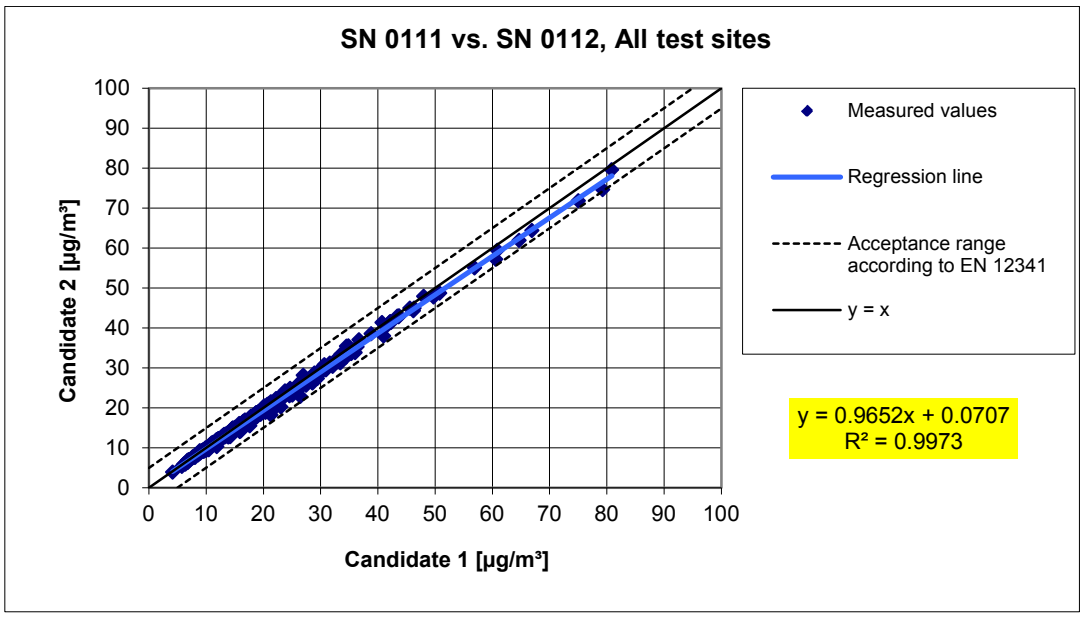


Figure 56: Results of parallel measurements with the tested devices SN 0111 / SN 0112, all test sites

6.1 5.4.4 Calibration

The systems under test shall be calibrated in the field test by comparison measurements with the reference method according to Standard EN 12341 respectively EN 14907. Here, the relationship between the output signal and the gravimetrically determined reference concentration shall be determined as a steady function.

6.2 Equipment

Refer to module 5.4.2. or module 5.4.10

6.3 Method

For PM_{10}:

The reproducibility of the measuring systems was proven during testing (refer to module 5.4.2).

In order to determine the calibration function and the analytical function, the complete dataset was used (227 valid data pairs (SN 0111) and 227 valid data pairs (SN 0112)).

The quantities of the calibration function

$$y = m * x + b$$

were determined by means of linear regression. The analytical function is the inverse of the calibration function. It is:

$$x = 1/m * y – b/m$$

The slope m of the regression line describes the sensitivity of the measuring system; the y-intercept b describes the zero point.

The resulting quantities are given in Table 31.

Table 31: Results of the calibration function and analytical function, measured component PM_{10}

Device no.	Calibration function		Analytical function	
	Y = m * x + b		x = 1/m * y - b/m	
	m	b	1/m	b/m
	µg/m³ / µg/m³	µg/m³	µg/m³ / µg/m³	µg/m³
System 1 (SN 0111)	1.061	-1.295	0.943	-1.221
System 2 (SN 0112)	1.025	-1.195	0.976	-1.166

For $PM_{2.5}$:

The reproducibility of the measuring systems as per module 5.4.10 was proven during testing.

In order to determine the calibration function and the analytical function, the complete dataset was used (227 valid data pairs (SN 0111) and 227 valid data pairs (SN 0112)).

The quantities of the calibration function

$$y = m * x + b$$

were determined by means of orthogonal regression. The analytical function is the inverse of the calibration function. It is:

$$x = 1/m * y – b/m$$

The slope m of the regression line describes the sensitivity of the measuring system, the y-intercept b describes the zero point.

The resulting quantities are given in Table 32.

Table 32: Results of the calibration function and analytical function, measured component $PM_{2.5}$

Device no.	Calibration function		Analytical function	
	Y = m * x + b		x = 1/m * y - b/m	
	m	b	1/m	b/m
	µg/m³ / µg/m³	µg/m³	µg/m³ / µg/m³	µg/m³
System 1 (SN 0111)	1.096	-0.408	0.912	-0.372
System 2 (SN 0112)	1.056	-0.234	0.947	-0.222

6.4 Evaluation

Refer to 6.3.

6.5 Assessment

A statistical correlation between the reference measuring method and the output signal could be demonstrated.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Refer to modules 5.4.2. and 5.4.10.

6.1 5.4.5 Cross sensitivity

The interference caused by moisture in the sample may not exceed 10 % of the limit value in the range of the limit value.

6.2 Equipment

Not required here.

6.3 Method

The interference caused by moisture in the sample was determined under field conditions.

Using the data from field test days with a relative humidity of > 70 % the difference between the obtained reference value (= nominal value) and the measured values of each candidate was calculated and the mean difference was applied as a conservative estimate for the interference caused by moisture in the sample.

In addition to that, reference/equivalence functions were determined for both devices using the data from field test days with a relative humidity of > 70 %.

6.4 Evaluation

Using the data from field test days with a relative humidity of > 70 %, the mean difference between the calculated reference value (= nominal value) and the measured value of the respective candidate was calculated and the relative deviation from the mean concentration was determined.

Annual limit value $PM_{2.5}$ = 25 µg/m³	10 % of the annual limit value = 2.5 µg/m³
Annual limit value PM_{10} = 40 µg/m³	10 % of the annual limit value = 4 µg/m

It was also examined whether the reproducibility of the measuring systems under test using the reference method according to Guide “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods” [5] can be ensured even if the measured values were obtained on days with a relative humidity of > 70 %.

6.5 Assessment

No deviation of the measured signal from the nominal value > 0.5 µg/m³ caused by interference due to moisture in the sample could be observed for $PM_{2.5.}$ For PM_{10}, no deviation of the measured signal from the nominal value > -1.1 µg/m³ caused by interference due to moisture in the sample could be observed The reproducibility of the candidates using the reference method according to the Guide “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods” [5] is ensured even for days with a relative humidity of > 70 %.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Table 33 and Table 34 provide summaries of the results.

Table 33: Deviation between reference measurement and candidate on days with a relative humidity of > 70 %, measured component $PM_{2.5}$

Field test, days with rel. humidity >70 %				
		Reference	SN 0111	SN 0112
Mean value	µg/m³	13.8	14.3	14.0
Dev. to mean value of referenve in µg/m³	µg/m³	-	0.5	0.2
Dev. in % of mean value reference	%	-	3.9	1.2
Deviation in % of annual LV	%	-	2.2	0.7

Table 34: Deviation between reference measurement and candidate on days with a relative humidity of > 70 %, measured component PM_{10}

Field test, days with rel. humidity >70 %				
		Reference	SN 0111	SN 0112
Mean value	µg/m³	20.2	19.7	19.1
Dev. to mean value of referenve in µg/m³	µg/m³	-	-0.5	-1.1
Dev. in % of mean value reference	%	-	-2.4	-5.2
Deviation in % of annual LV	%	-	-1.2	-2.6

Single values are provided in annexes 5 and 6.

The measurement uncertainties W_{CM} on days with a relative humidity of > 70 % are presented in Table 35 and Table 36. Single values are provided in annexes 5 and 6.

Table 35: Comparison of the candidates 0111 / 0112 with the reference device, rel. humidity > 70 %, all test sites, measured component $PM_{2.5}$

Comparison candidate with reference according to Guide "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", January 2010					
Candidate	FIDAS 200		SN	SN 0111 & SN 0112	
			Limit value	30	µg/m³
Status of measured values	Raw data		Allowed uncertainty	25	%
All test sites, rH>70%					
Uncertainty between Reference	**0.58**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.52**	**µg/m³**			
	SN 0111		**SN 0112**		
Number of data pairs	**114**		**113**		
Slope b	**1.059**		**1.016**		
Uncertainty of b	**0.012**		**0.012**		
Ordinate intercept a	**0.468**		**0.615**		
Uncertainty of a	**0.237**		**0.240**		
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**17.93**	**%**	**12.36**	**%**	

Table 36: Comparison of the candidates 0111 / 0112 with the reference device, rel. humidity > 70 %, all test sites, measured component PM_{10}

Comparison candidate with reference according to Guide "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", January 2010					
Candidate	FIDAS 200		SN	SN 0111 & SN 0112	
			Limit value	50	µg/m³
Status of measured values	Raw data		Allowed uncertainty	25	%
All test sites, rH>70%					
Uncertainty between Reference	**0.60**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.67**	**µg/m³**			
	SN 0111		**SN 0112**		
Number of data pairs	**117**		**116**		
Slope b	**1.045**		**1.004**		
Uncertainty of b	**0.012**		**0.012**		
Ordinate intercept a	**-0.848**		**-0.735**		
Uncertainty of a	**0.296**		**0.291**		
Expanded measured uncertainty W_{CM}	**8.44**	**%**	**6.51**	**%**	

6.1 5.4.6 Averaging effect

The measuring system shall allow the formation of 24 h mean values.

The time of the sum of all filter changes within 24 h shall not exceed 1 % of this averaging time.

6.2 Equipment

Additionally a timer was used.

6.3 Method

It was tested, whether the AMS allows the formation of daily mean values.

6.4 Evaluation

The Fidas® 200 S measuring system uses the measurement principle of optical light scattering and determines the mass concentrations continuously and on-line. Filter changes and other cyclical interruptions of the measuring operation do not occur.

Thus, the formation of daily mean values can be guaranteed.

6.5 Assessment

The measuring system allows the formation of daily mean values.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Not required here.

6.1 5.4.7 Constancy of sample volumetric flow

The sample volumetric flow averaged over the sampling time shall be constant within ± 3 % of the rated value. All instantaneous values of the sample volumetric flow shall be within a range of ± 5 % of the rated value during sampling.

6.2 Equipment

As indicated in chapter 4, a flow meter was used in the testing of this performance criterion.

6.3 Method

The sample volumetric flow was calibrated before testing at the first field test site. Before testing at the other field test sites it was checked for correctness with a mass flow meter and readjusted if necessary.

The Fidas® 200 S measuring system operates with a flow rate of 4.8 ± 0.15 l/min @ 25°C and 1013 hPa.

In order to determine the constancy of sample volumetric flow, the flow rate was recorded over 24 h by means of a mass flow meter and evaluated according to the relevant upcoming test item 7.4.5 “Constancy of sample flow rate” of Technical Specification EN/TS 16450 (May 2013) [9].

6.4 Evaluation

The obtained measured values for the flow rate were used to calculate mean value, standard deviation as well as maximum and minimum value.

6.5 Assessment

The results of the flow rate checks carried out at each field test site are given in Table 37.

Table 37: Results of flow rate checks

Flow rate check before testing at Test site:	SN 0111		SN 0112	
	[l/min]	Deviation from nominal value [%]	[l/min]	Deviation from nominal value [%]
Cologne, summer	4.87	1.5	4.88	1.7
Cologne, winter	4.78	-0.4	4.80	0.0
Bonn, winter	4.77	-0.6	4.77	-0.6
Bornheim, summer	4.91	2.3	4.89	1.9

The graphical representations of flow rate constancy show that none of the values obtained during sampling deviates from the respective nominal value by more than ±5 %. The 24 h mean values for the total flow rate of 4.8 ± 0.15 l/min @ 25 °C and 1013 hPa also deviate significantly less than the permissible ±3 % from the nominal value.

All determined daily mean values deviate less than ± 3 % from the rated value and all instantaneous values deviate less than ± 5 %.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Table 38 shows the parameters determined for the flow. Figure 57 and Figure 58 present a graphic representation of the flow measurements of the two candidates SN 0111 and SN 0112.

Table 38: Parameters for total flow measurement (24 h mean), SN 0111 & SN 0112

	Mean [l/min]	Dev. from nominal [%]	Std. dev. [l/min]	Max [l/min]	Min [l/min]
SN 0111	4.81	0.29	0.05	5.00	4.60
SN 0112	4.80	0.00	0.01	5.00	4.60

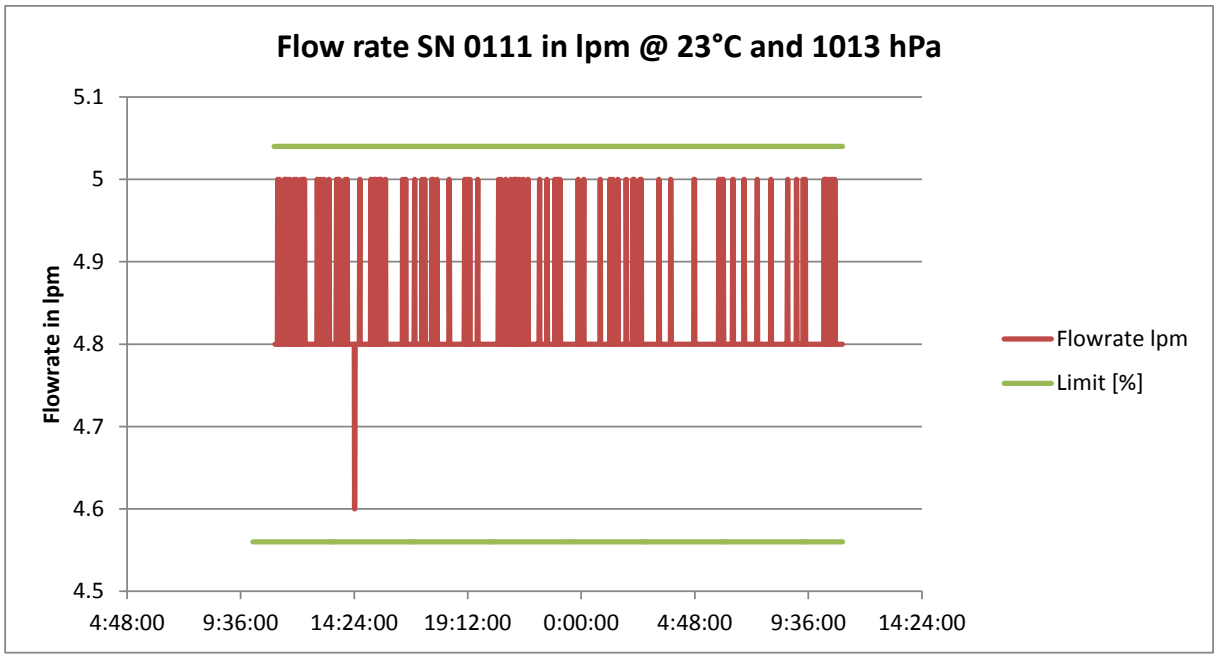
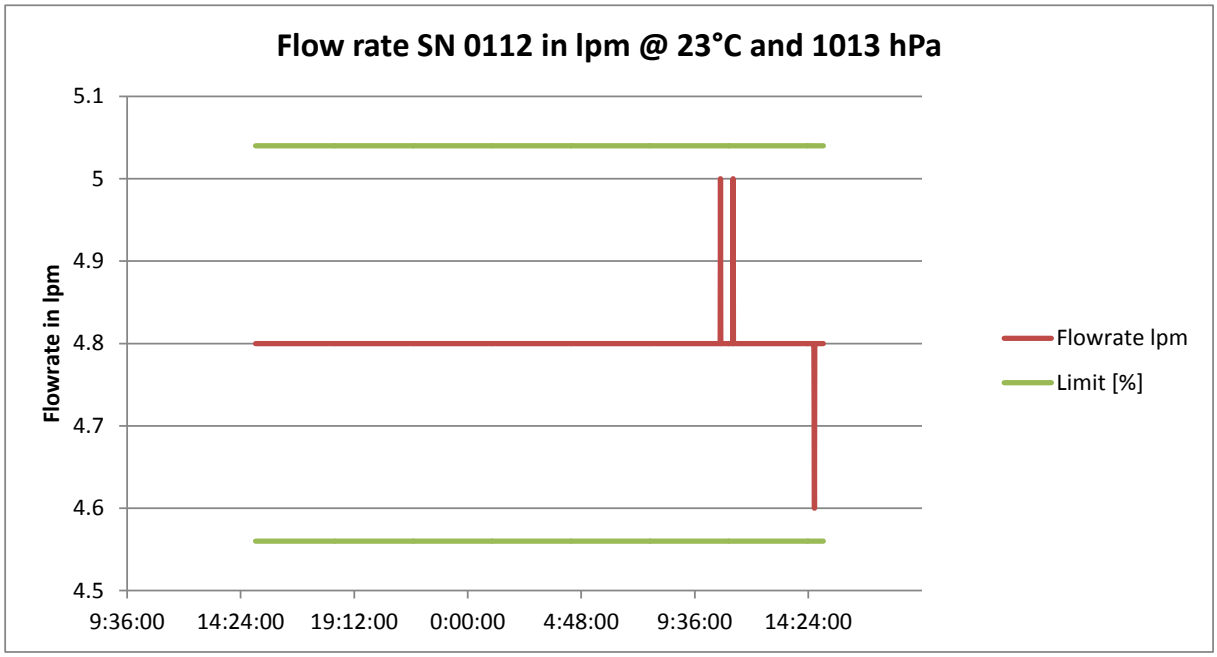


Figure 57: Flow rate of device SN 0111

Figure 58: Flow rate of device SN 0112



6.1 5.4.8 Tightness of the measuring system

The complete measuring system shall be checked for tightness. Leakage shall not exceed 1 % of the sample volume sucked.

6.2 Equipment

Not required here.

6.3 Method

The flow meter of the Fidas® 200 S measuring system is located directly upstream the pump. To determine the leak rate of the AMS, the measuring system is switched to calibration mode and the instrument inlet is sealed (for instance by thumb or with a plug) according to chapter 3.1 of the operator's manual. As specified by the manufacturer, the flow rate measured by the instrument shall then drop to 0 ± 0.1 l/min.

This procedure was carried out every time the AMS was installed at a new field test site.

It is recommended to check the tightness of the measuring system by means of the aforementioned procedure every three months.

6.4 Evaluation

Leakage testing was performed right after the AMS was installed at a new field test site.

The criterion for passing the leakage test, which has been proposed by the manufacturer (maximum flow at blocked inlet 0 ± 0.1 l/min) proved to be an appropriate parameter for monitoring instrument tightness.

The detected maximum leak rate of 0.04 l/min is less than 1 % of the nominal flow rate which is 4.8 l/min.

6.5 Assessment

The criterion for passing the leakage test, which has been specified by the manufacturer, (flow at blocked inlet max. 0 ± 0.1 l/min) proved to be an appropriate parameter for monitoring instrument tightness. The detected maximum leak rate of 0.04 l/min is less than 1 % of the nominal flow rate which is 4.8 l/min.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Table 39 lists the values obtained in leakage testing.

Table 39: Results from leakage testing during the field tests

Test site	Date	SN 0111	SN 0112	Max. permissible leak rate in l/min
		Leak rate in l/min	Leak rate in l/min	
Cologne, summer	09.05.2012	0.03	0.03	0 ± 0.1
Cologne, winter	22.11.2012	0.04	0.04	0 ± 0.1
Bonn, winter	26.02.2013	0.03	0.04	0 ± 0.1
Bornheim, summer	13.05.2013	0.02	0.03	0 ± 0.1

6.1 Methodology of the equivalence check (modules 5.4.9 – 5.4.11)

According to the January 2010 version of the Guide [5], the following 5 criteria shall be met in order to prove equivalence:

1. At least 20 % of the concentration values from the complete dataset (determined by means of reference method) shall exceed the upper assessment threshold for annual limit values determined in 2008/50/EC [8], i.e. 28 µg/m³ for PM_{10} and 17 µg/m³ for $PM_{2.5}$.
2. The uncertainty between the candidates must be less than 2.5 µg/m³ for all data and for two sub datasets corresponding to all the data split greater than or equal to and lower than 30 µg/m³ or 18 µg/m³ for PM_{10} and $PM_{2.5}$ respectively.
3. The uncertainty between the reference devices must be less than 2.0 µg/m³.
4. The expanded uncertainty (W_{CM}) is calculated at 50 µg/m³ for PM_{10} and 30 µg/m³ for $PM_{2.5}$ for each candidate against the mean value of the reference method. In each of the following cases, the expanded uncertainty shall not exceed 25 %:
   - Full dataset;
   - Dataset with PM concentrations greater/equal 30 µg/m³ for PM_{10} or greater/equal 18 µg/m³ for $PM_{2.5}$, provided that the dataset contains 40 or more valid data pairs;
   - Datasets for each field test site.
5. For the complete dataset to be accepted it is required that the slope b differs insignificantly from 1: $|b-1| \le 2 \cdot u(b)$ and that the intercept a differs insignificantly from 0: $|a| \le 2 \cdot u(a)$. Should these requirements not be met, the candidates may be calibrated using the values for slope and/or intercept from the complete dataset.

In the following 5 chapters, compliance with the 5 criteria is tested:

In chapter 6.1 5.4.9 Determination of uncertainty between systems under test u_{bs} criteria 1 and 2 will be checked.

In chapter 6.1 5.4.10 Calculation of expanded uncertainty between systems under test criteria 3, 4, and 5 will be checked.

In chapter 6.1 5.4.11 Application of correction factors and terms there is an exemplary evaluation for the event that criterion 5 cannot be met without application of correction factors or terms.

6.1 5.4.9 Determination of uncertainty between systems under test u_{bs}

For the test of $PM_{2.5}$ measuring systems the uncertainty between the systems under test shall be determined according to chapter 9.5.3.1 of the Guide "Demonstration of equivalence of Ambient Air Monitoring Methods" in the field test at least at four sampling sites representative of the future application.

The tests were also carried out for the component PM_{10}.

6.2 Equipment

No equipment is necessary to test this performance criterion.

6.3 Method

The test was carried out at four different comparisons during the field test. Different seasons and varying concentrations for $PM_{2.5}$ and PM_{10} were taken into consideration.

At least 20 % of the concentration values from the complete dataset determined with the reference method shall exceed the upper assessment threshold according to 2008/50/EC [8]. The upper assessment threshold is 17 µg/m³ for $PM_{2.5}$ and 28 µg/m³ for PM_{10}.

At least 40 valid data pairs were determined per comparison. Out of the complete dataset (4 test sites, PM_{10}: 229 valid data pairs for SN 0111 and 229 valid data pairs for SN 0112; $PM_{2.5}$: 227 valid data pairs for SN 0111 and 227 valid data pairs for SN 0112), 27.1 % of the measured values exceed the upper assessment threshold of 17 µg/m for $PM_{2.5}$ and a total of 20.3 % of the measured values exceed the upper assessment threshold of 28 µg/m³ for PM_{10}. The measured concentrations were brought into relation with ambient conditions.

6.4 Evaluation

According to **chapter 9.5.3.1** of the Guide "Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods" the following applies:

The uncertainty between the candidates u_{bs} shall be ≤ 2.5 µg/m³. If the uncertainty between the candidates exceeds 2.5 µg/m³, one or both systems might not be working properly. In such a case, equivalence cannot be declared.

Uncertainty is determined for:

- All test sites/comparisons together (full dataset)
- 1 dataset with measured values ≥ 18 µg/m³ for $PM_{2.5}$ (basis: mean values of reference measurement)
- 1 dataset with measured values ≥ 30 µg/m³ for PM_{10} (basis: mean values of reference measurement)

In addition to that, this report provides an evaluation of the following datasets:

- Each test site/comparison separately
- 1 dataset with measured values < 18 µg/m³ for $PM_{2.5}$ (basis: mean values of reference measurement)
- 1 dataset with measured values < 30 µg/m³ for PM_{10} (basis: mean values of reference measurement)

The uncertainty between the candidates u_{bs} is calculated from the differences of all daily mean values (24 h values) of the simultaneously operated candidates by means of the following equation:

$$u_{bs}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (y_{i,1} - y_{i,2})^2}{2n}$$

with $y_{i,1}$ and $y_{i,2}$ = results of the parallel measurements of individual 24 h values i

n = number of 24 h values

6.5 Assessment

The uncertainty between the candidates u_{bs} with a maximum of 0.84 µg/m³ for $PM_{2.5}$ and a maximum of 1.17 µg/m³ for PM_{10} does not exceed the required value of 2.5 µg/m³.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

Table 40 and Table 41 list the calculated values for the uncertainty between candidates u_{bs}. Graphical representations of the results are provided in Figure 59 to Figure 72.

Table 40: Uncertainty between candidates u_{bs} for the devices SN 0111 and SN 0112, measured component $PM_{2.5}$

Device	Test site	No. of values	Uncertainty u_{bs}
SN			µg/m³
0111 / 0112	**All test sites**	**285**	**0.48**
Single test sites			
0111 / 0112	Cologne, summer	101	0.12
0111 / 0112	Cologne, winter	66	0.55
0111 / 0112	Bonn, winter	60	0.70
0111 / 0112	Bornheim, summer	58	0.50
Classification over reference value			
0111 / 0112	**Values ≥ 18 µg/m³**	**54**	**0.84**
0111 / 0112	Values < 18 µg/m³	171	0.33

Table 41: Uncertainty between candidates u_{bs} for the devices SN 0111 and SN 0112, measured component PM_{10}

Device	Test site	No. of values	Uncertainty u_{bs}
SN			µg/m³
0111 / 0112	**All test sites**	**285**	**0.67**
Single test sites			
0111 / 0112	Cologne, summer	101	0.27
0111 / 0112	Cologne, winter	66	0.67
0111 / 0112	Bonn, winter	60	0.90
0111 / 0112	Bornheim, summer	58	0.87
Classification over reference values			
0111 / 0112	**Values ≥ 30 µg/m³**	**54**	**1.17**
0111 / 0112	Values < 30 µg/m³	171	0.58

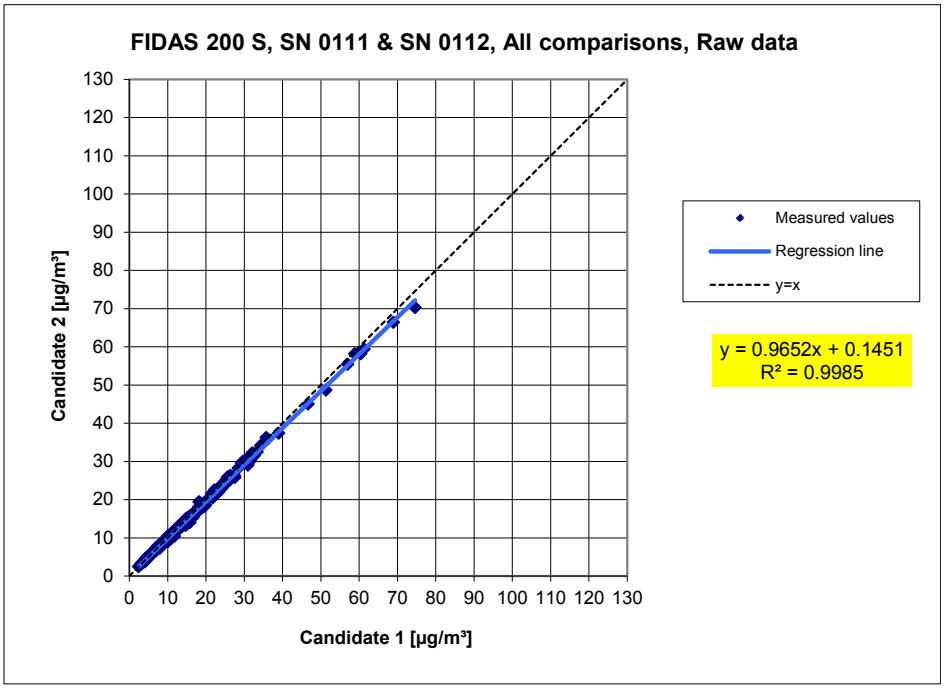

FIDAS 200 S, SN 0111 & SN 0112, All comparisons, Raw data
Candidate 2 [µg/m³]
Candidate 1 [µg/m³]
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130
Measured values
Regression line
y=x
y = 0.9652x + 0.1451
R² = 0.9985

Figure 59: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, all test sites

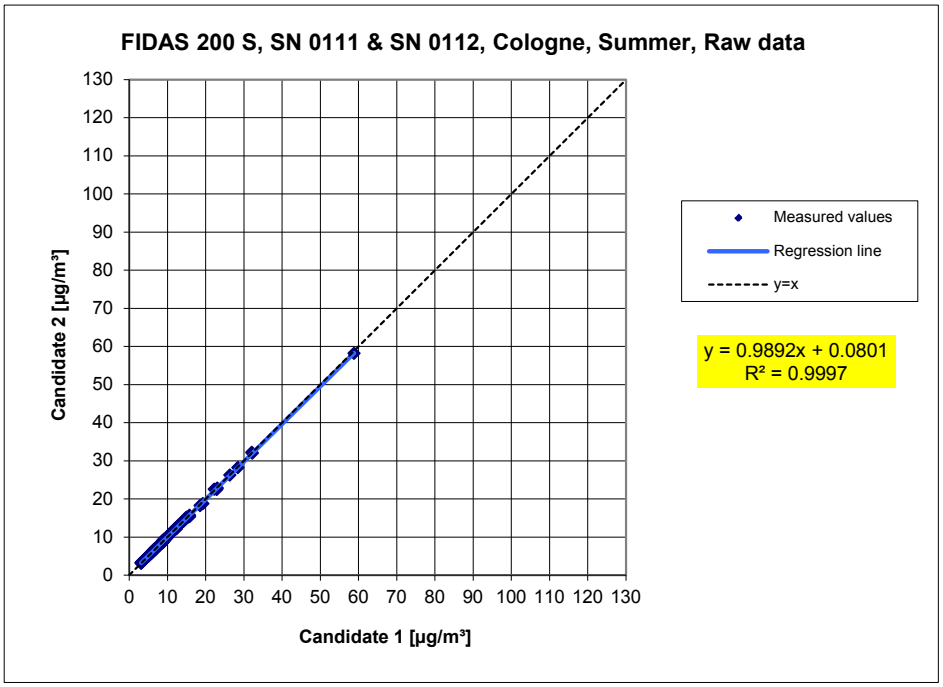

FIDAS 200 S, SN 0111 & SN 0112, Cologne, Summer, Raw data
Candidate 2 [µg/m³]
Candidate 1 [µg/m³]
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130
Measured values
Regression line
y=x
y = 0.9892x + 0.0801
R² = 0.9997

Figure 60: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, test site Cologne, summer

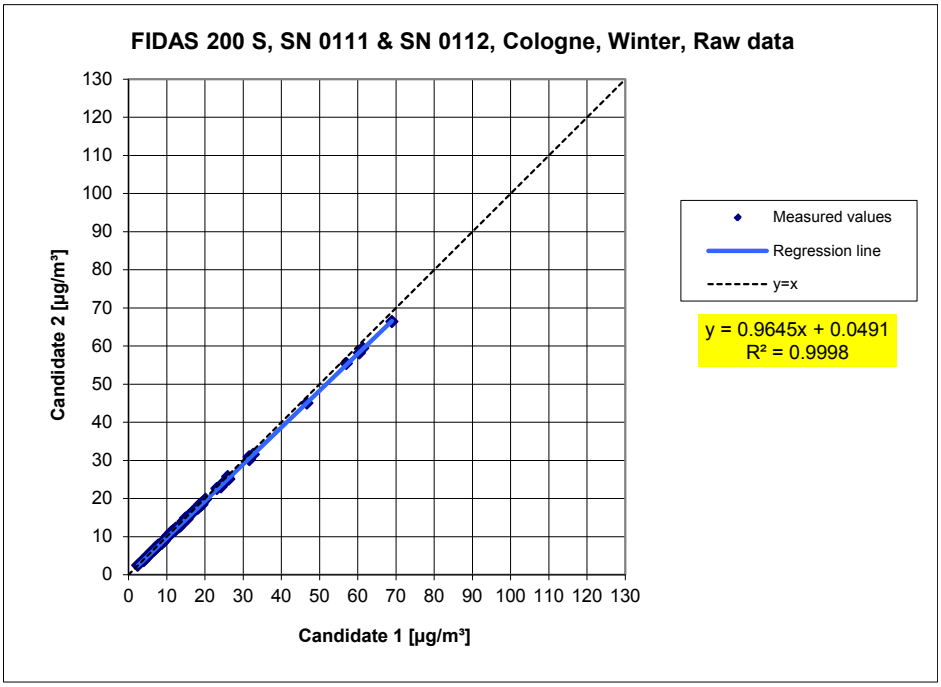
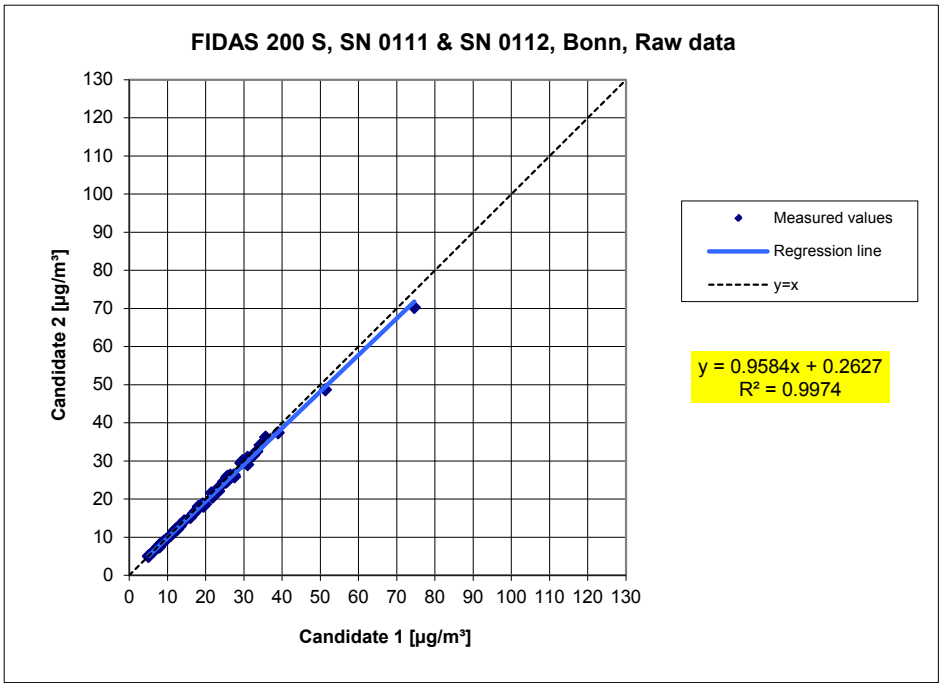

FIDAS 200 S, SN 0111 & SN 0112, Cologne, Winter, Raw data
Candidate 2 [µg/m³]
Candidate 1 [µg/m³]
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130
Measured values
Regression line
y=x
y = 0.9645x + 0.0491
R² = 0.9998

Figure 61: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, test site Cologne, winter


FIDAS 200 S, SN 0111 & SN 0112, Bonn, Raw data
Candidate 2 [µg/m³]
Candidate 1 [µg/m³]
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130
Measured values
Regression line
y=x
y = 0.9584x + 0.2627
R² = 0.9974

Figurer 62: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, test site Bonn, winter

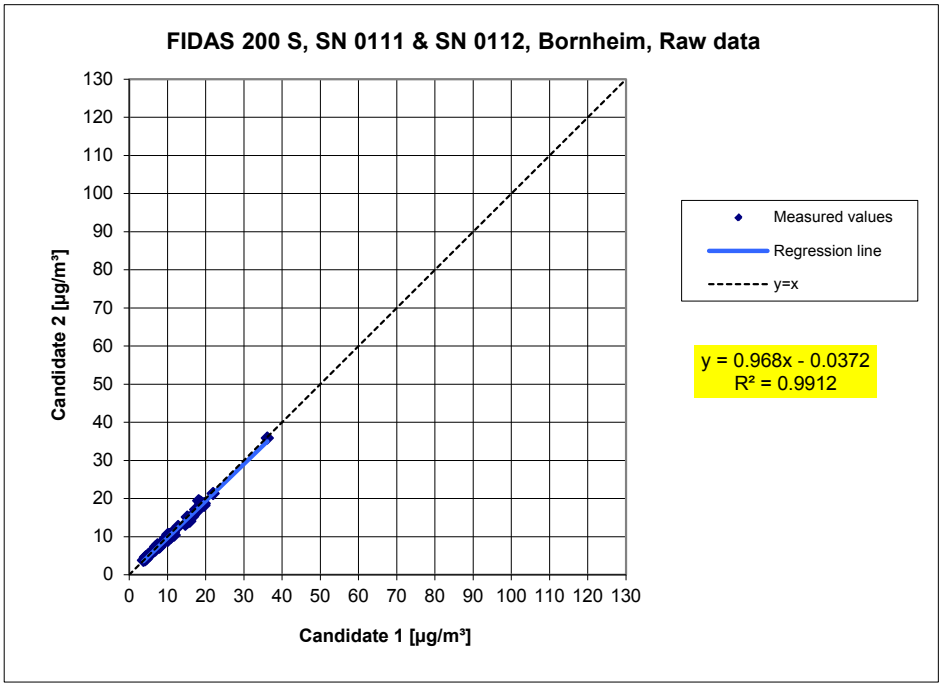

FIDAS 200 S, SN 0111 & SN 0112, Bornheim, Raw data
Candidate 2 [µg/m³]
Candidate 1 [µg/m³]
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130
Measured values
Regression line
y=x
y = 0.968x - 0.0372
R² = 0.9912

Figure 63: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, test site Bornheim, summer

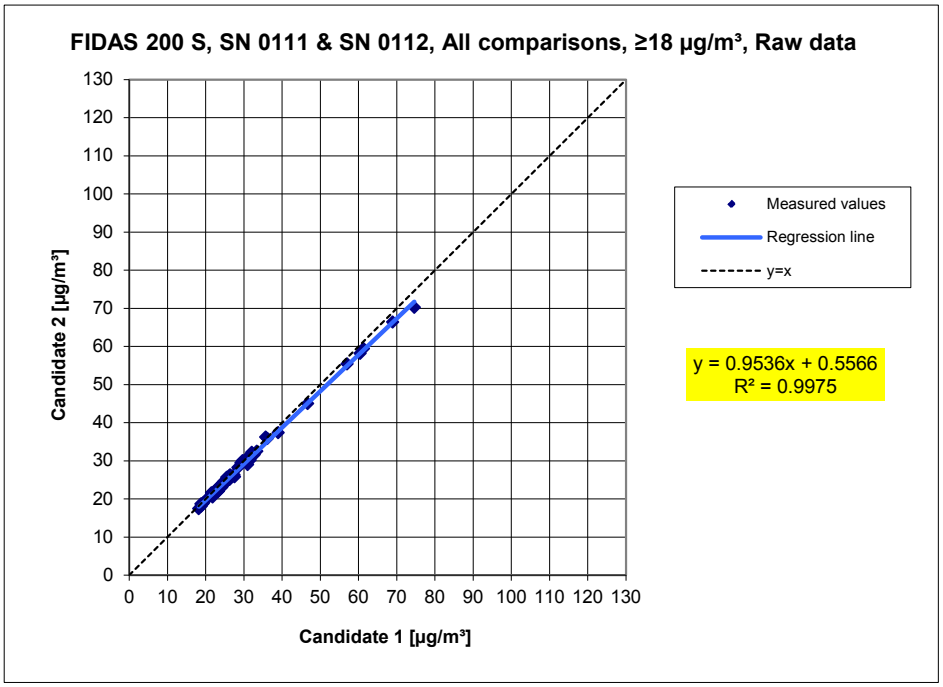

FIDAS 200 S, SN 0111 & SN 0112, All comparisons, ≥18 µg/m³, Raw data
Candidate 2 [µg/m³]
Candidate 1 [µg/m³]
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130
Measured values
Regression line
y=x
y = 0.9536x + 0.5566
R² = 0.9975

Figure 64: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, all test sites, values ≥ 18 µg/m³

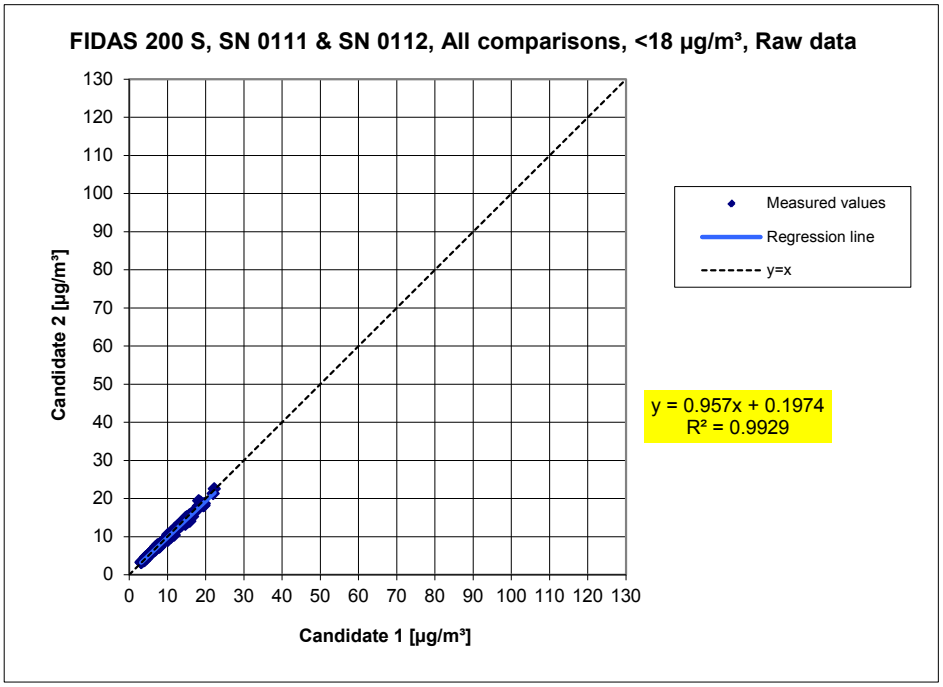


Figure 65: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, all test sites, values < 18 µg/m³

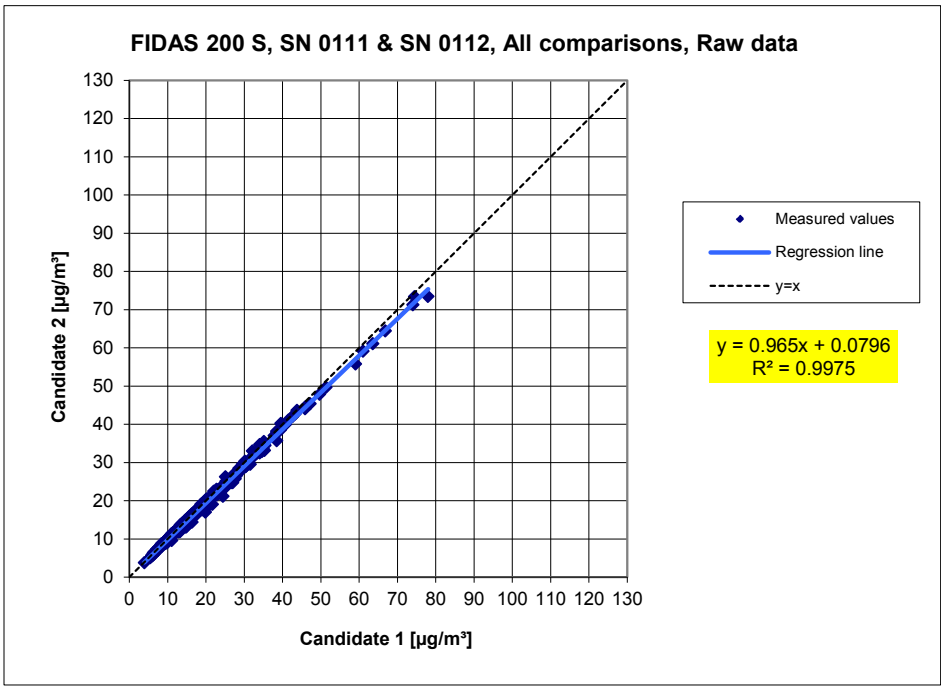

FIDAS 200 S, SN 0111 & SN 0112, All comparisons, Raw data
Candidate 2 [µg/m³]
Candidate 1 [µg/m³]
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130
Measured values
Regression line
y=x
y = 0.965x + 0.0796
R² = 0.9975

Figure 66: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component PM_{10}, all test sites

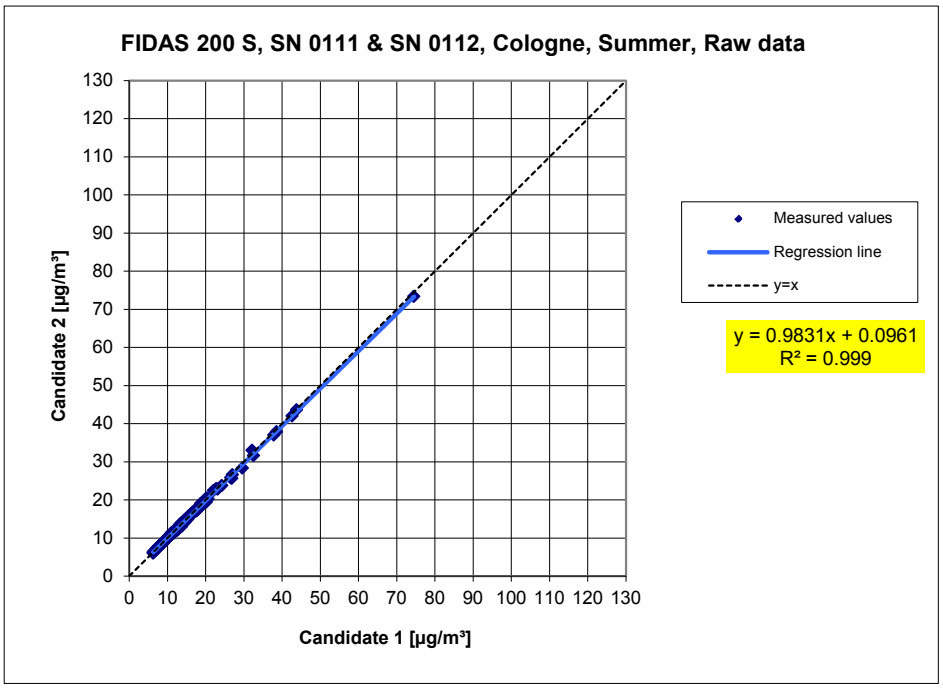

FIDAS 200 S, SN 0111 & SN 0112, Cologne, Summer, Raw data
Candidate 2 [µg/m³]
Candidate 1 [µg/m³]
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130
Measured values
Regression line
y=x
y = 0.9831x + 0.0961
R² = 0.999

Figure 67: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component PM_{10}, test site Cologne, summer

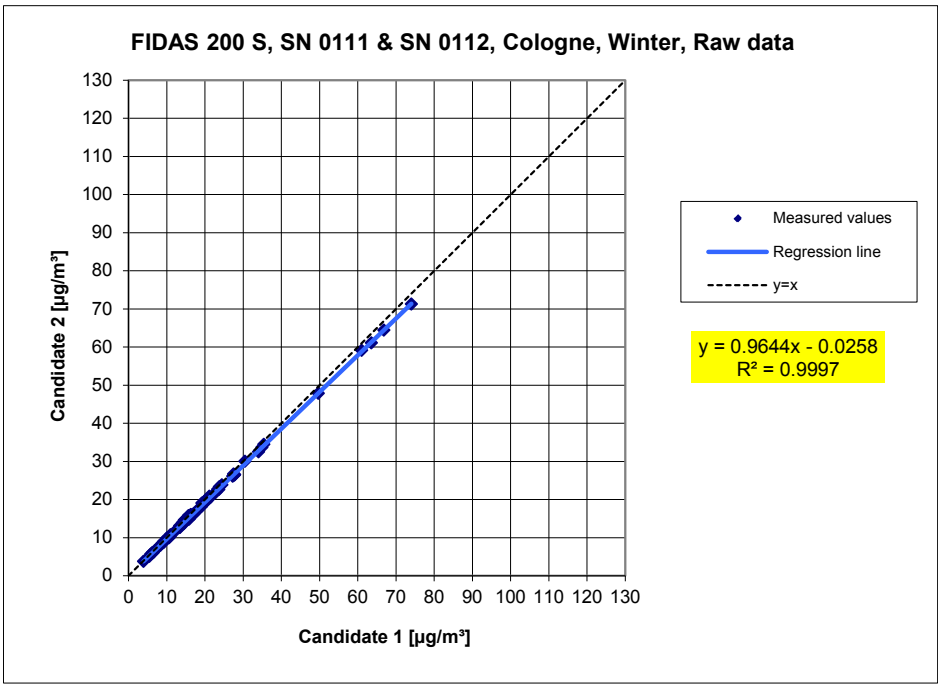

FIDAS 200 S, SN 0111 & SN 0112, Cologne, Winter, Raw data
Candidate 2 [µg/m³]
Candidate 1 [µg/m³]
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130
Measured values
Regression line
y=x
y = 0.9644x - 0.0258
R² = 0.9997

Figure 68: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component PM_{10}, test site Cologne, winter

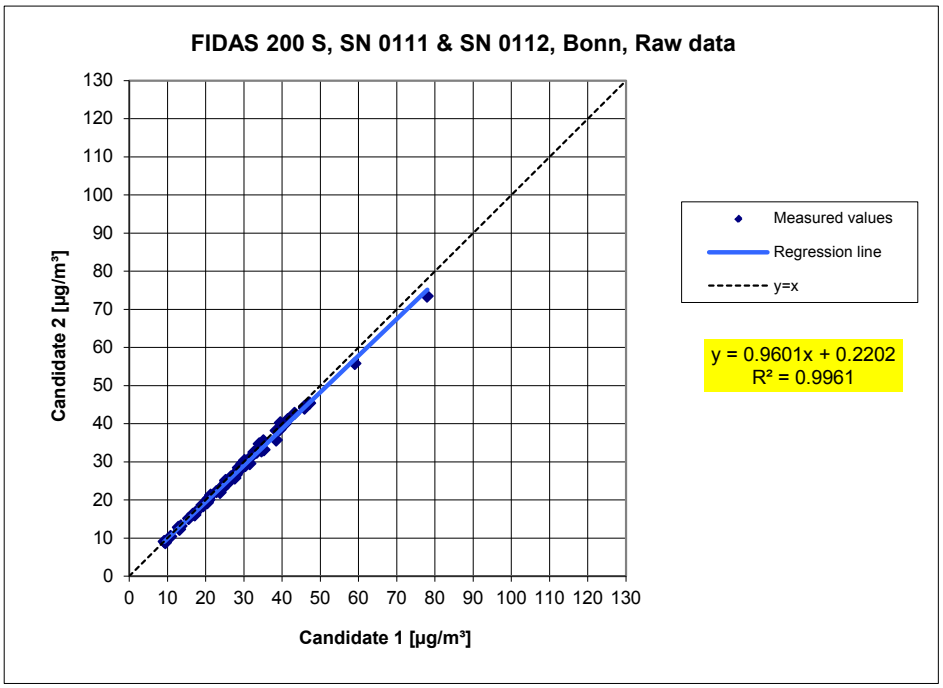

FIDAS 200 S, SN 0111 & SN 0112, Bonn, Raw data
Candidate 2 [µg/m³]
Candidate 1 [µg/m³]
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130
Measured values
Regression line
y=x
y = 0.9601x + 0.2202
R² = 0.9961

Figure 69: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component PM_{10}, test site Bonn, winter

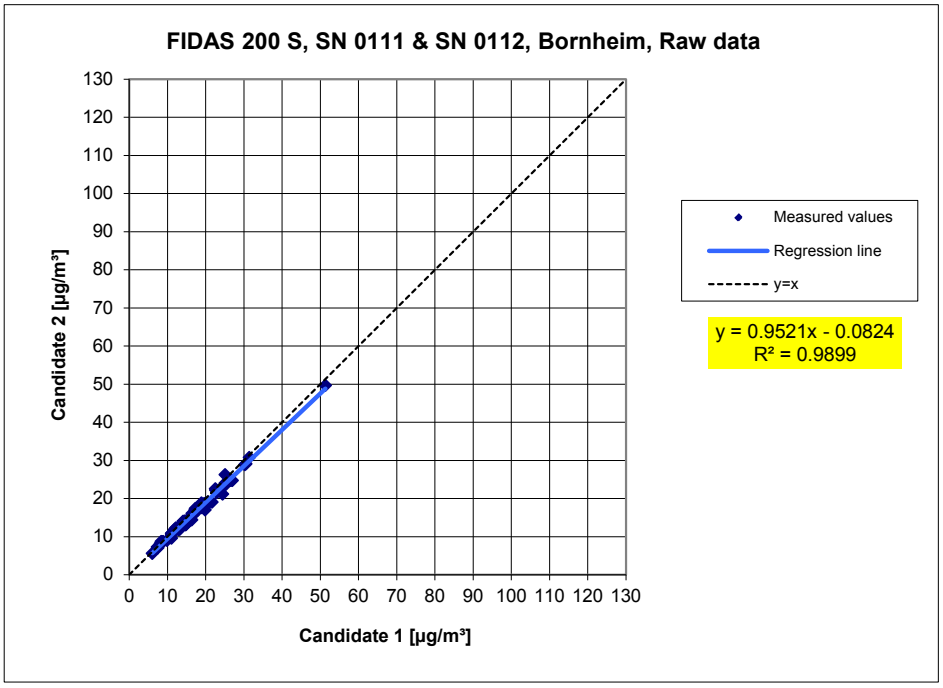

FIDAS 200 S, SN 0111 & SN 0112, Bornheim, Raw data
Candidate 2 [µg/m³]
Candidate 1 [µg/m³]
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130
Measured values
Regression line
y=x
y = 0.9521x - 0.0824
R² = 0.9899

Figure 70: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component PM_{10}, test site Bornheim, summer

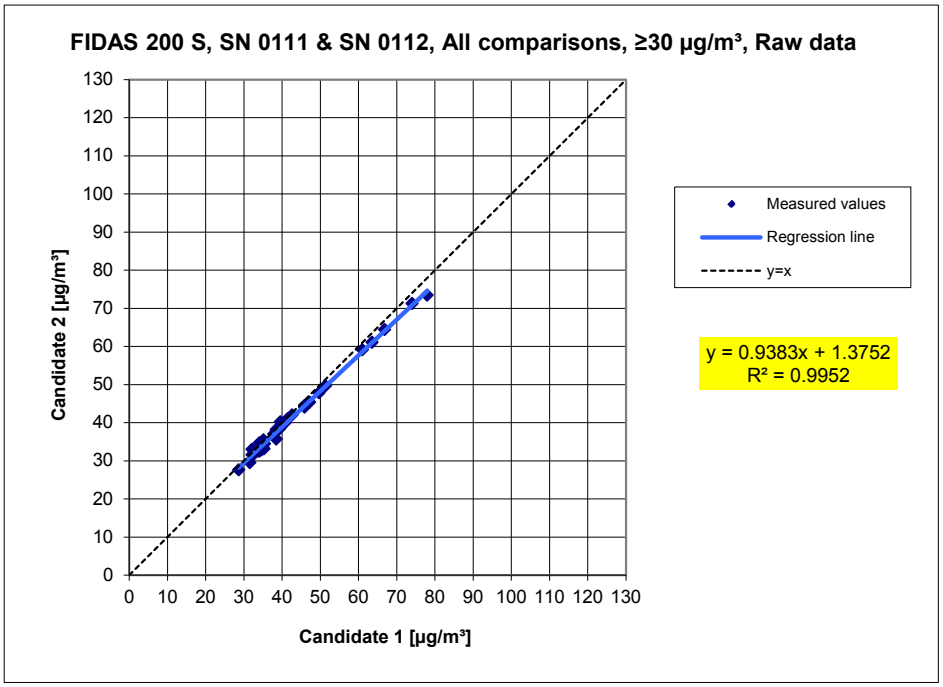

FIDAS 200 S, SN 0111 & SN 0112, All comparisons, ≥30 µg/m³, Raw data
Candidate 2 [µg/m³]
Candidate 1 [µg/m³]
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130
Measured values
Regression line
y=x
y = 0.9383x + 1.3752
R² = 0.9952

Figure 71: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component PM_{10}, all test sites, values ≥ 30 µg/m³

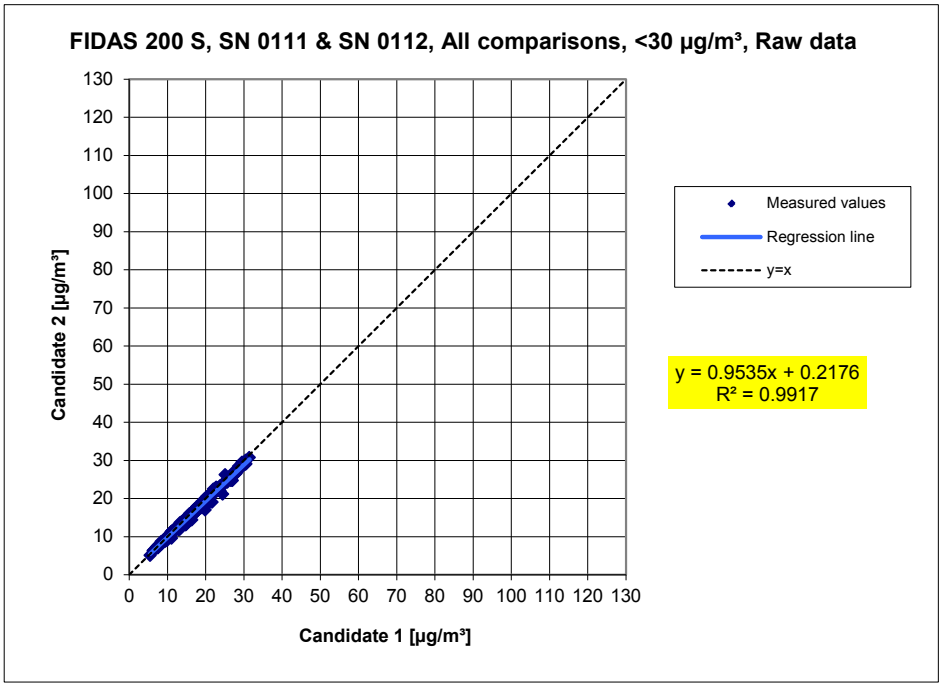


Figure 72: Results of the parallel measurements with the devices SN 0111 / SN 0112, measured component PM_{10}, all test sites, values < 30 µg/m³

6.1 5.4.10 Calculation of expanded uncertainty between systems under test

For the test of $PM_{2.5}$ measuring systems the equivalency with reference method shall be demonstrated according to chapter 9.5.3.2 to 9.6 of the Guide "Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods" in the field test at least at four sampling sites representative of the future application. The maximum expanded uncertainty of the systems under test shall be compared with data quality objectives to Annex A of VDI Standard 4202, Sheet 1 (September 2010).

The tests were also carried out for the component PM_{10}.

6.2 Equipment

Additional instruments according to item 5 of this report were used in the testing of this performance criterion.

6.3 Method

The test was carried out at four different comparisons during the field test. Different seasons and varying concentrations for $PM_{2.5}$ and PM_{10} were taken into consideration.

At least 20 % of the concentration values from the complete dataset determined with the reference method shall exceed the upper assessment threshold according to 2008/50/EC [8]. The upper assessment threshold is 17 µg/m³ for $PM_{2.5}$ and 28 µg/m³ for PM_{10}.

At least 40 valid data pairs were determined per comparison. Out of the complete dataset (4 test sites, PM_{10}: 229 valid data pairs for SN 0111 and 229 valid data pairs for SN 0112; $PM_{2.5}$: 227 valid data pairs for SN 0111 and 227 valid data pairs for SN 0112), 27.1 % of the measured values exceed the upper assessment threshold of 17 µg/m for $PM_{2.5}$ and a total of 20.3 % of the measured values exceed the upper assessment threshold of 28 µg/m³ for PM_{10}. The measured concentrations were brought into relation with ambient conditions.

6.4 Evaluation

[Item 9.5.3.2] The calculation of expanded uncertainty is preceded by an uncertainty check between the two simultaneously operated reference devices u_{ref}.

The uncertainty between the simultaneously operated reference devices is determined analogous to the uncertainty between the candidates and shall be ≤ 2 µg/m³.

The evaluated results are given in 7.6 of this test item.

In order to evaluate the comparability between the candidates y and the reference method x, a linear correlation $y_i = a + bx_i$ between the measured results obtained from both methods is assumed. The correlation between the mean values of the reference devices and the candidates, which shall be assessed individually, is established by means of orthogonal regression.

Regression is calculated for:

- All test sites/comparisons together
- Each test site/comparison separately
- 1 dataset with measured values ≥ 18 µg/m³ for $PM_{2.5}$ (basis: mean values of reference measurement)
- 1 dataset with measured values ≥ 30 µg/m³ for PM_{10} (basis: mean values of reference measurement)

For further evaluation, the results of the uncertainty u_{c_s} of the candidates compared with the reference method is described in the following equation, which describes u_{CR} as a function of the OM concentration x_i.

$$u_{CR}^2(y_i) = \frac{RSS}{(n-2)} - u^2(x_i) + [a + (b-1)x_i]^2$$

With RSS = Sum of the (relative) residuals from orthogonal regression

$u(x_i)$ = random uncertainty of the reference procedure, if the value u_{bs}, which is calculated for using the candidates, can be used in this test (refer to item 6.1 5.4.9 Determination of uncertainty between systems under test ubs)

Algorithms for the calculation of intercept a as well as slope b and its variances by means of orthogonal regression are specified in Annex B of [5].

The sum of the (relative) residuals RSS is calculated using the following equation:

$$RSS = \sum_{i=1}^{n} (y_i - a - bx_i)^2$$

Uncertainty u_{CR} is calculated for:

- All test sites/comparisons together
- Each test site/comparison separately
- 1 dataset with measured values ≥ 18 µg/m³ for $PM_{2.5}$ (basis: mean values of reference measurement)
- 1 dataset with measured values ≥ 30 µg/m³ for PM_{10} (basis: mean values of reference measurement)

According to the Guide, preconditions for acceptance of the full dataset are that:

- the slope b differs insignificantly from 1: $|b-1| \le 2 \cdot u(b)$

and that

- the intercept a differs insignificantly from 0: $|a| \le 2 \cdot u(a)$

with u(b) and u(a) being the standard uncertainties of slope and intercept, each calculated as the square root of their variances. If these preconditions are not met, the candidates may be calibrated according to item 9.7 of the guideline (refer to 6.1 5.4.11 Application of correction factors and terms. The calibration shall only be applied to the full dataset.

[Item 9.5.4] The combined uncertainty of the candidates $w_{c,CM}$ is calculated for each dataset by combining the contributions from 9.5.3.1 and 9.5.3.2 according to the following equation:

$$w^2_{c,CM}(y_i) = \frac{u^2_{CR}(y_i)}{y^2_i}$$

For each dataset, the uncertainty $w_{c,CM}$ is calculated at the level of y_i = 30 µg/m³ for $PM_{2.5}$ and at the level of y_i = 50 µg/m³ for PM_{10}.

[Item 9.5.5] The expanded relative uncertainty of the results of the candidates is calculated for each dataset by multiplying $w_{c,CM}$ with a coverage factor k according to the following equation:

$$W_{CM} = k \cdot w_{CM}$$

In praxis k=2 for large n

[Item 9.6] The highest resulting uncertainty W_{CM} is compared with the requirements on data quality of ambient air measurements according to EU Standard [8] and assessed. There are two possible results:

1. $W_{CM} \leq W_{dqo}$ → Candidate method is considered equivalent to the reference method
2. $W_{CM} > W_{dqo}$ → Candidate method is considered not equivalent to the reference method

The specified expanded relative uncertainty W_{dqo} for particulate matter is 25 % [8].

6.5 Assessment

Without application of correction factors, the determined uncertainties W_{CM} for PM_{10} for all datasets under consideration lie below the defined expanded relative uncertainty W_{dqo} of 25 % for suspended particulate matter. With the exception of Bornheim (summer) the determined uncertainties for $PM_{2.5}$ for all datasets under consideration and without application of correction factors lie below the defined expanded relative uncertainty W_{dqo} of 25 % for suspended particulate matter. Correction factors shall be applied according to chapter 6.1 5.4.11 Application of correction factors and terms.

Performance criterion met? no

Table 42 and Table 43 provide an overview of all results from the equivalence test of the Fidas® 200 S for $PM_{2.5}$ and PM_{10}. In the event that a criterion has not been met, the respective cell is marked in red.

Table 42: Overview of equivalence test of Fidas® 200 S for $PM_{2.5}$

Comparison candidate with reference according to Guide "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", January 2010					
Candidate	FIDAS 200 S		SN	SN 0111 & SN 0112	
			Limit value	30	µg/m³
Status of measured values	Raw data		Allowed uncertainty	25	%
All comparisons					
Uncertainty between Reference	**0.58**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.48**	**µg/m³**			
	SN 0111 & SN 0112				
Number of data pairs	**225**				
Slope b	**1.076**	**significant**			
Uncertainty of b	**0.011**				
Ordinate intercept a	**-0.339**	**not significant**			
Uncertainty of a	**0.192**				
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**16.84**	**%**			
All comparisons, ≥18 µg/m³					
Uncertainty between Reference	**0.63**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.84**	**µg/m³**			
	SN 0111 & SN 0112				
Number of data pairs	**54**				
Slope b	**1.046**				
Uncertainty of b	**0.025**				
Ordinate intercept a	**0.458**				
Uncertainty of a	**0.769**				
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**18.34**	**%**			
All comparisons, <18 µg/m³					
Uncertainty between Reference	**0.57**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.33**	**µg/m³**			
	SN 0111 & SN 0112				
Number of data pairs	**171**				
Slope b	**1.198**				
Uncertainty of b	**0.032**				
Ordinate intercept a	**-1.482**				
Uncertainty of a	**0.327**				
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**31.33**	**%**			

Comparison candidate with reference according to Guide "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", January 2010					
Candidate	FIDAS 200 S		SN	SN 0111 & SN 0112	
			Limit value	30	µg/m³
Status of measured values	Raw data		Allowed uncertainty	25	%
Cologne, Summer					
Uncertainty between Reference	**0.66**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.12**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**81**			**82**	
Slope b	**1.119**			**1.116**	
Uncertainty of b	**0.034**			**0.035**	
Ordinate intercept a	**-0.925**			**-0.885**	
Uncertainty of a	**0.363**			**0.378**	
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**20.11**	**%**		**20.13**	**%**
Cologne, Winter					
Uncertainty between Reference	**0.54**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.55**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**51**			**50**	
Slope b	**1.051**			**1.014**	
Uncertainty of b	**0.014**			**0.014**	
Ordinate intercept a	**0.691**			**0.679**	
Uncertainty of a	**0.313**			**0.326**	
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**17.05**	**%**		**11.42**	**%**
Bonn					
Uncertainty between Reference	**0.62**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.70**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**50**			**50**	
Slope b	**1.114**			**1.070**	
Uncertainty of b	**0.025**			**0.027**	
Ordinate intercept a	**-0.783**			**-0.519**	
Uncertainty of a	**0.571**			**0.619**	
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**21.21**	**%**		**16.63**	**%**
Bornheim					
Uncertainty between Reference	**0.42**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.50**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**45**			**45**	
Slope b	**1.214**			**1.186**	
Uncertainty of b	**0.054**			**0.054**	
Ordinate intercept a	**-1.487**			**-1.606**	
Uncertainty of a	**0.644**			**0.643**	
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**35.02**	**%**		**29.11**	**%**
All comparisons, ≥18 µg/m³					
Uncertainty between Reference	**0.63**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.84**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**54**			**54**	
Slope b	**1.071**			**1.022**	
Uncertainty of b	**0.025**			**0.026**	
Ordinate intercept a	**0.185**			**0.713**	
Uncertainty of a	**0.754**			**0.80**	
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**20.38**	**%**		**16.90**	**%**
All comparisons, <18 µg/m³					
Uncertainty between Reference	**0.57**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.33**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**173**			**173**	
Slope b	**1.222**			**1.180**	
Uncertainty of b	**0.032**			**0.032**	
Ordinate intercept a	**-1.573**			**-1.399**	
Uncertainty of a	**0.328**			**0.331**	
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**35.28**	**%**		**28.40**	**%**
All comparisons					
Uncertainty between Reference	**0.58**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.48**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**227**			**227**	
Slope b	**1.096**	**significant**		**1.056**	**significant**
Uncertainty of b	**0.011**			**0.011**	
Ordinate intercept a	**-0.408**	**significant**		**-0.234**	**not significant**
Uncertainty of a	**0.190**			**0.196**	
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**19.55**	**%**		**14.68**	**%**

The results of the check of the five criteria given in chapter 6.1 Methodology of the equivalence check (modules 5.4.9 – 5.4.11) are as follows:

Criterion 1: More than 20 % of the data are greater than 17 µg/m³.

Criterion 2: The uncertainty between the candidates is less than 2.5 µg/m³.

Criterion 3: The uncertainty between the reference devices is less than 2.0 µg/m³.

Criterion 4: With the exception of the test site Bornheim (summer) all of the expanded uncertainties are below 25 %.

Criterion 5: The slopes used for evaluation of the complete dataset are significantly greater than the permissible values for both devices. In addition to that, the intercept used for evaluation is also significantly greater the permissible values for SN 0111.

Other: For both candidates, the total slope is 1.076 and the intercept is -0.339 at an expanded overall uncertainty of 16.84 % for the full dataset.

Table 43: Overview of equivalence test of Fidas® 200 S for PM_{10}

Comparison candidate with reference according to Guide "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", January 2010					
Candidate	FIDAS 200 S		SN	SN 0111 & SN 0112	
			Limit value	50	µg/m³
Status of measured values	Raw data		Allowed uncertainty	25	%
All comparisons					
Uncertainty between Reference	**0.62**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.67**	**µg/m³**			
	SN 0111 & SN 0112				
Number of data pairs	**227**				
Slope b	**1.058**	**significant**			
Uncertainty of b	**0.011**				
Ordinate intercept a	**-1.505**	**significant**			
Uncertainty of a	**0.264**				
Expanded measured uncertainty WCM	**9.11**	**%**			
All comparisons, ≥30 µg/m³					
Uncertainty between Reference	**0.67**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**1.17**	**µg/m³**			
	SN 0111 & SN 0112				
Number of data pairs	**35**				
Slope b	**1.005**				
Uncertainty of b	**0.038**				
Ordinate intercept a	**0.746**				
Uncertainty of a	**1.619**				
Expanded measured uncertainty WCM	**11.09**	**%**			
All comparisons, <30 µg/m³					
Uncertainty between Reference	**0.61**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.58**	**µg/m³**			
	SN 0111 & SN 0112				
Number of data pairs	**192**				
Slope b	**1.085**				
Uncertainty of b	**0.022**				
Ordinate intercept a	**-1.979**				
Uncertainty of a	**0.386**				
Expanded measured uncertainty WCM	**11.18**	**%**			

Comparison candidate with reference according to Guide "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", January 2010					
Candidate	FIDAS 200 S		SN	SN 0111 & SN 0112	
			Limit value	50	µg/m³
Status of measured values	Raw data		Allowed uncertainty	25	%
Cologne, Summer					
Uncertainty between Reference	**0.80**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.27**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**81**			**82**	
Slope b	**1.045**			**1.028**	
Uncertainty of b	**0.028**			**0.028**	
Ordinate intercept a	**-1.637**			**-1.524**	
Uncertainty of a	**0.490**			**0.489**	
Expanded measured uncertainty W_{CM}	**6.98**	**%**		**6.56**	**%**
Cologne, Winter					
Uncertainty between Reference	**0.53**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.67**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**51**			**50**	
Slope b	**1.064**			**1.027**	
Uncertainty of b	**0.015**			**0.015**	
Ordinate intercept a	**-1.260**			**-1.284**	
Uncertainty of a	**0.399**			**0.398**	
Expanded measured uncertainty W_{CM}	**9.66**	**%**		**5.53**	**%**
Bonn					
Uncertainty between Reference	**0.38**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.90**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**50**			**50**	
Slope b	**1.043**			**1.004**	
Uncertainty of b	**0.027**			**0.029**	
Ordinate intercept a	**-0.082**			**0.061**	
Uncertainty of a	**0.821**			**0.865**	
Expanded measured uncertainty W_{CM}	**11.98**	**%**		**9.29**	**%**
Bornheim					
Uncertainty between Reference	**0.54**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.87**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**47**			**47**	
Slope b	**1.128**			**1.083**	
Uncertainty of b	**0.040**			**0.039**	
Ordinate intercept a	**-1.986**			**-2.169**	
Uncertainty of a	**0.733**			**0.720**	
Expanded measured uncertainty W_{CM}	**19.05**	**%**		**10.63**	**%**
All comparisons, ≥30 µg/m³					
Uncertainty between Reference	**0.67**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**1.17**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**35**			**35**	
Slope b	**1.037**			**0.974**	
Uncertainty of b	**0.038**			**0.039**	
Ordinate intercept a	**0.054**			**1.391**	
Uncertainty of a	**1.628**			**1.65**	
Expanded measured uncertainty W_{CM}	**12.93**	**%**		**10.55**	**%**
All comparisons, <30 µg/m³					
Uncertainty between Reference	**0.61**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.58**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**194**			**194**	
Slope b	**1.109**			**1.063**	
Uncertainty of b	**0.022**			**0.021**	
Ordinate intercept a	**-2.089**			**-1.870**	
Uncertainty of a	**0.394**			**0.378**	
Expanded measured uncertainty W_{CM}	**14.98**	**%**		**8.17**	**%**
All comparisons					
Uncertainty between Reference	**0.62**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.67**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**229**			**229**	
Slope b	**1.077**	**significant**		**1.039**	**significant**
Uncertainty of b	**0.011**			**0.011**	
Ordinate intercept a	**-1.561**	**significant**		**-1.436**	**significant**
Uncertainty of a	**0.266**			**0.264**	
Expanded measured uncertainty W_{CM}	**11.74**	**%**		**7.53**	**%**

The results of the check of the five criteria given in chapter 6.1 Methodology of the equivalence check (modules 5.4.9 – 5.4.11) are as follows:

Criterion 1: More than 20 % of the data are greater than 28 µg/m³.

Criterion 2: The uncertainty between the candidates is less than 2.5 µg/m³.

Criterion 3: The uncertainty between the reference devices is less than 2.0 µg/m³.

Criterion 4: All of the expanded uncertainties are below 25 %.

Criterion 5: The slopes as well as the intercepts used for evaluation of the full dataset are significantly greater than the permissible values for both devices.

Other: For both candidates, the total slope is 1.058 and the intercept is -1.505 at an expanded overall uncertainty of 9.11 % for the full dataset.

The January 2010 version of the Guide is ambiguous with respect to which slope and which intercept should be used to correct a candidate should it fail the test of equivalence. After consultation with the convenor (Mr Theo Hafkenscheid) of the EC working group responsible for setting up the Guide, it was decided that the requirements of the November 2005 version of the Guide are still valid, and that the slope and intercept from the orthogonal regression of all the paired data be used. These are stated additionally under “Other” in the above.

The 2006 UK Equivalence Report [10] has highlighted this was a flaw in the mathematics required for equivalence as per the November 2005 version of the Guide as it penalised instruments that were more accurate (Annex E Section 4.2 therein). This same flaw is copied in the January 2010 version. Hence, the Fidas® 200 S measuring system for $PM_{2.5}$ and PM_{10} is indeed being penalised by the mathematics for being accurate. It is proposed that the same pragmatic approach is taken here that was previously undertaken in earlier studies.

Therefore, according to Table 42, the slope and intercept should be corrected for $PM_{2.5}$ due to the determined uncertainties W_{CM} of “Bornheim, summer” being too high and also due to its significance. For PM_{10} as well, the slope and intercept should be corrected due to its significance according to Table 43. Nonetheless it should be noted that, even without application of correction factors, the determined uncertainties W_{CM} for PM_{10} lie below the specified expanded relative uncertainty W_{dqo} of 25 % for particulate matter for all datasets considered.

For $PM_{2.5}$:

The slope for the complete dataset is 1.076. The intercept for the complete dataset is -0.339. Thus, an additional evaluation applying the respective calibration factors to the datasets is made in chapter 6.1 5.4.11 Application of correction factors and terms.

For PM_{10}:

The slope for the complete dataset is 1.058. The intercept for the complete dataset is -1.505. An additional evaluation where the respective calibration factors are applied to the datasets is made in chapter 6.1 5.4.11 Application of correction factors and terms.

The revised January 2010 version of the Guide requires that, in order to monitor the processes in compliance with the guidelines, random checks shall be performed on a number of systems within a measuring network and that the number of measuring sites shall depend on the expanded uncertainty of the system. Either the network operator or the responsible authority of the member state is responsible for the appropriate realisation of the requirement mentioned above. However, TÜV Rheinland recommends that the expanded uncertainty for the full dataset (here: uncorrected raw data) shall be referred to, i.e. 16.8 % for $PM_{2.5}$, which would require annual checks at 4 sites, and 9.1 %, for PM_{10}, which would require annual checks a 2 sites (Guide [5], Chapter 9.9.2, Table 6). Due to the necessary application of the corresponding calibration factors, this assessment should be made on the basis of the evaluation of the corrected datasets (refer to chapter 6.1 5.4.11 Application of correction factors and terms).

6.6 Detailed presentation of test results

Table 44 and Table 45 present an overview of the uncertainties between the reference devices u_{ref} obtained in the field tests.

Table 44: Uncertainty between reference devices u_{ref} for $PM_{2.5}$

Reference devices	Test site	No. of values	Uncertainty u_{bs}
No.			µg/m³
1 / 2	Cologne, summer	82	0.66
1 / 2	Cologne, winter	52	0.54
1 / 2	Bonn, winter	50	0.62
1 / 2	Bornheim, summer	47	0.42
1 / 2	All test sites	231	0.58

Table 45: Uncertainty between reference devices u_{ref} for PM_{10}

Reference devices	Test site	No. of values	Uncertainty u_{bs}
Nr.			µg/m³
1 / 2	Cologne, summer	82	0.80
1 / 2	Cologne, winter	52	0.53
1 / 2	Bonn, winter	50	0.38
1 / 2	Bornheim, summer	49	0.54
1 / 2	All test sites	233	0.62

The uncertainty between the reference devices u_{ref} is < 2 µg/m³ for all test sites.

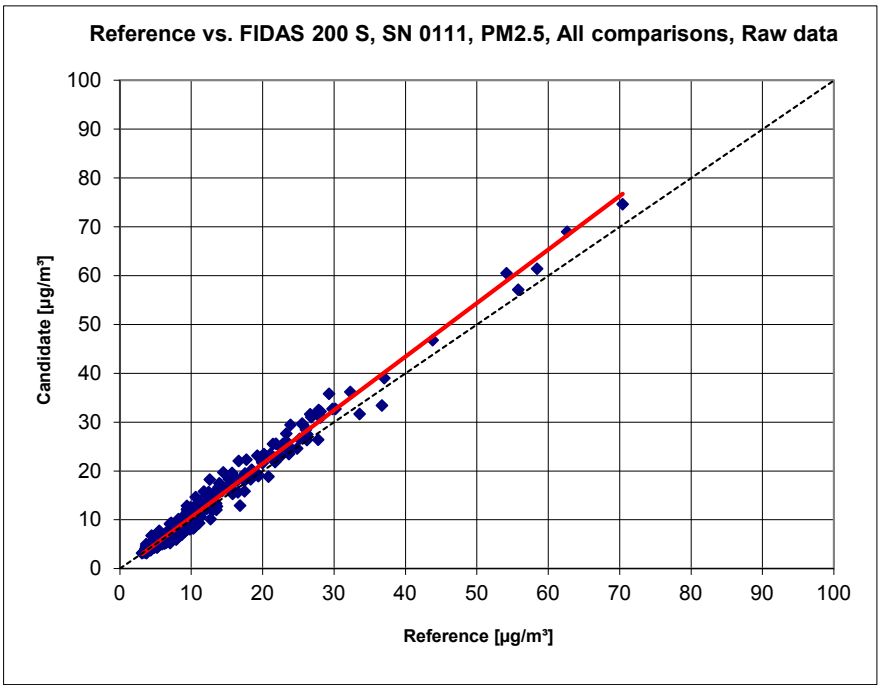


Figure 73: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component $PM_{2.5}$, all test sites

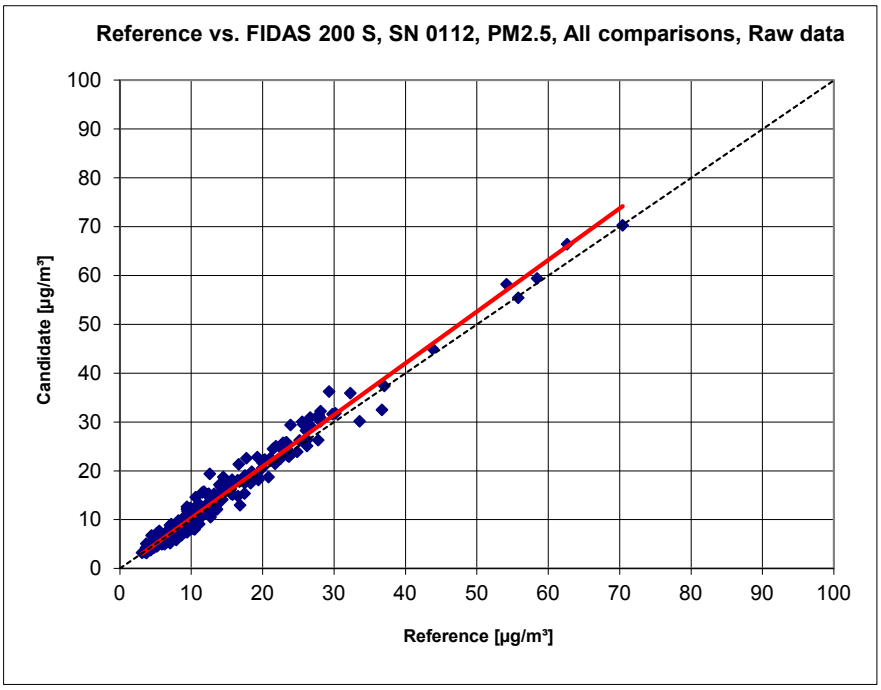


Figure 74: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, all test sites

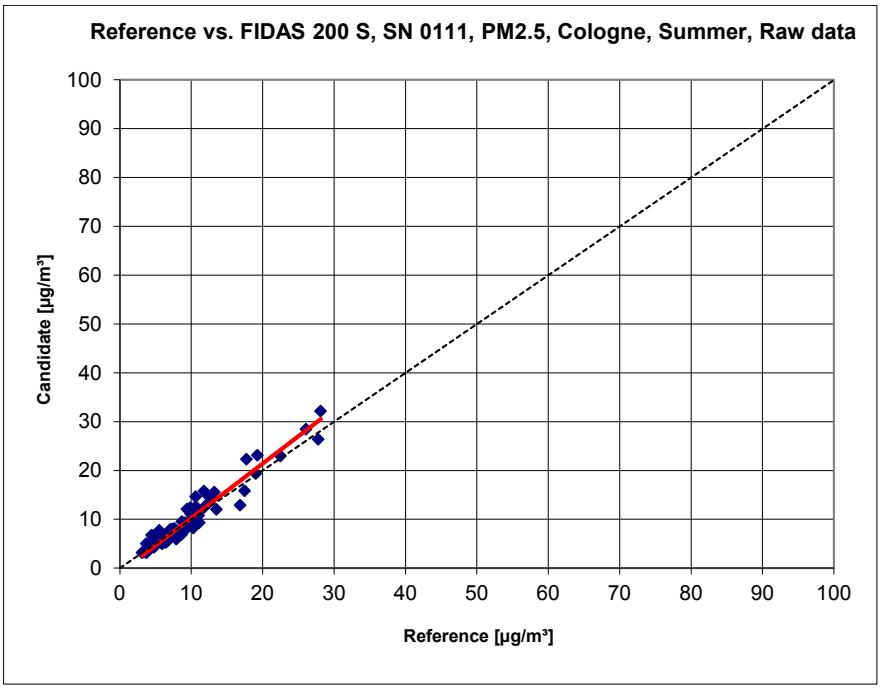


Figure 75: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component $PM_{2.5}$, Cologne, summer

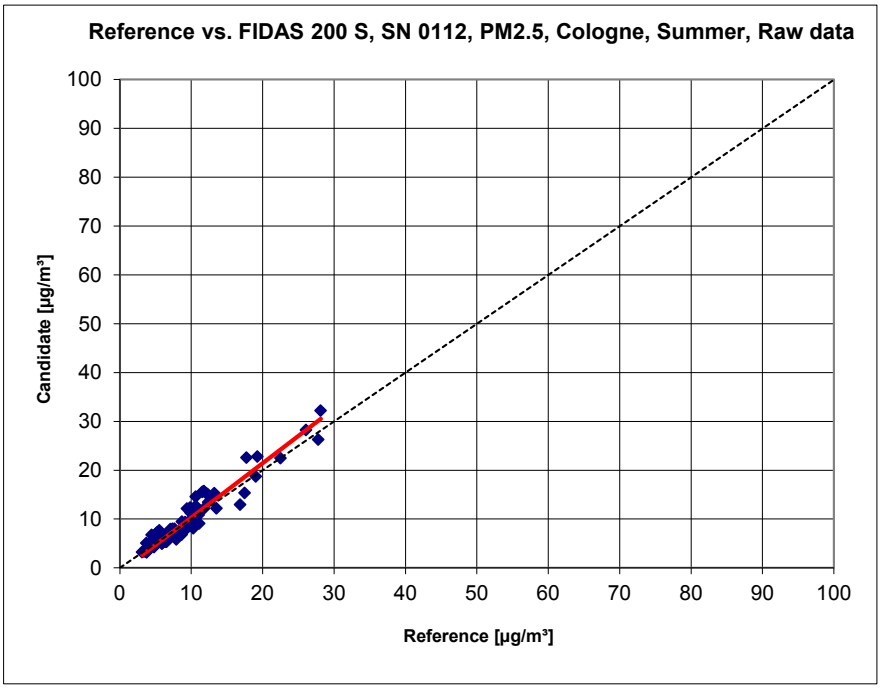


Figure 76: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, Cologne, summer

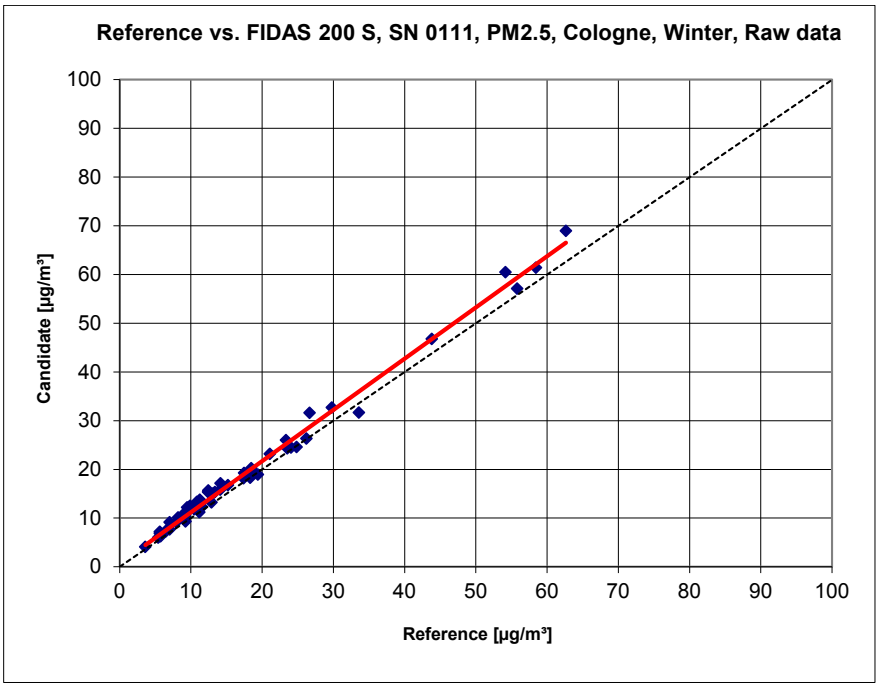


Figure 77: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component $PM_{2.5}$, Cologne, winter

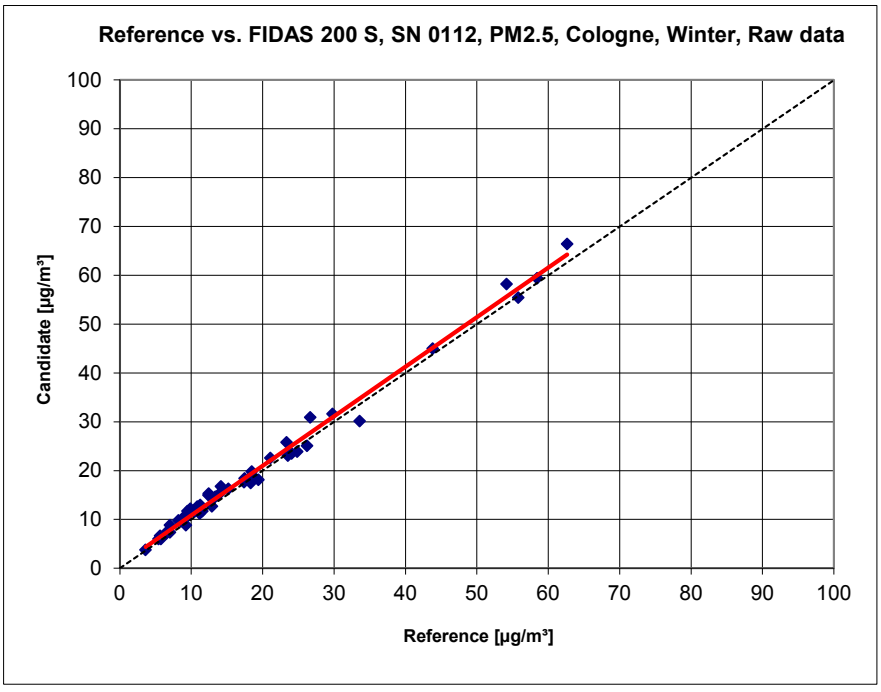


Figure 78: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, Cologne, winter

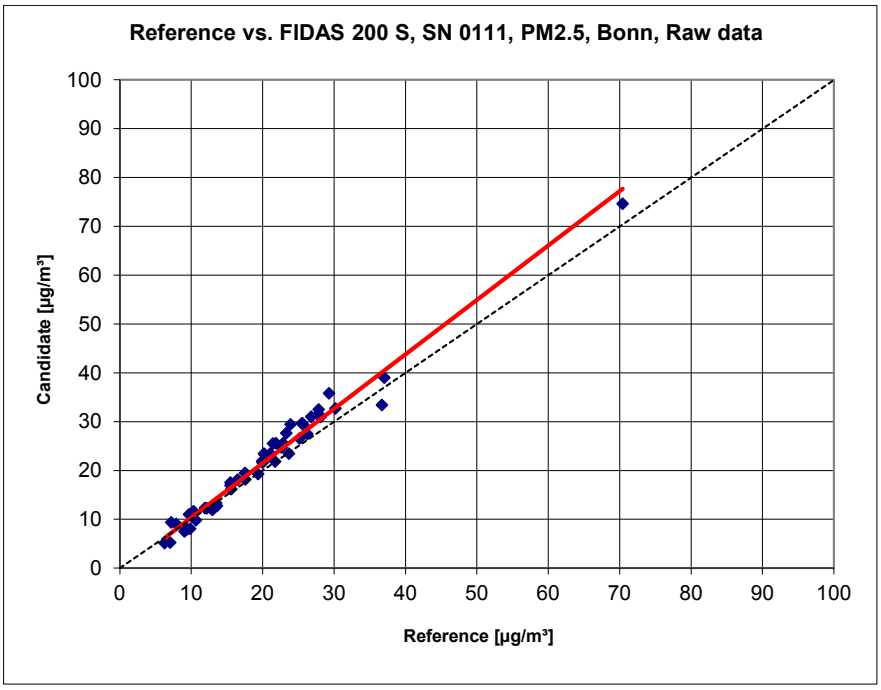


Figure 79: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component $PM_{2.5}$, Bonn, winter

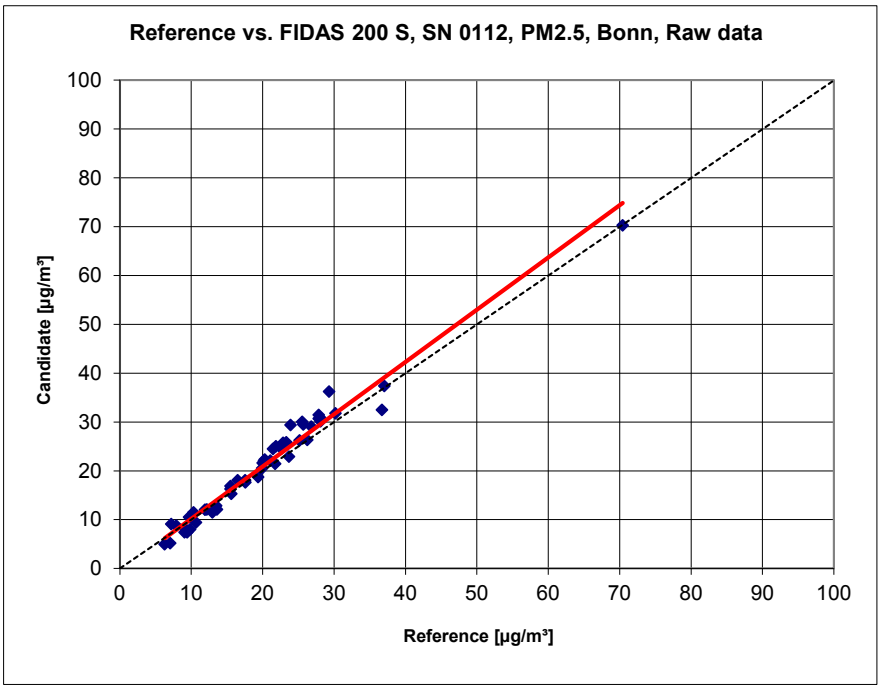


Figure 80: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, Bonn, winter

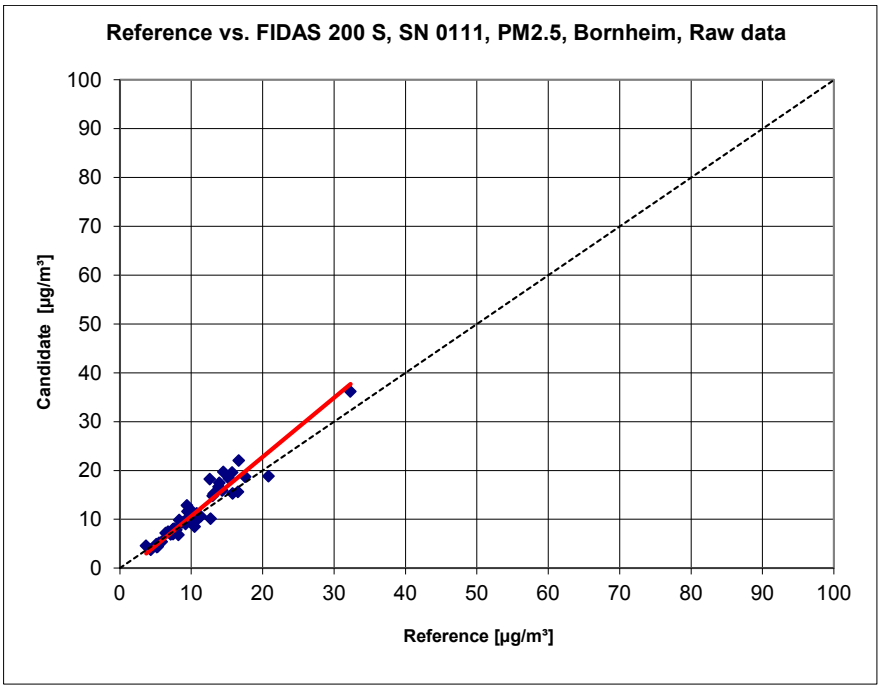


Figure 81: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component $PM_{2.5}$, Bornheim, summer

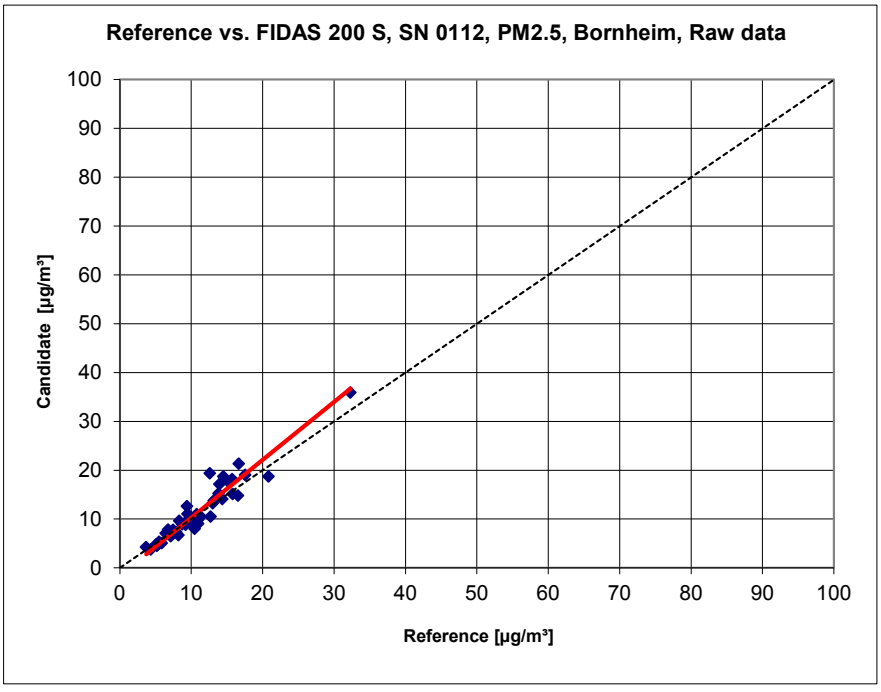


Figure 82: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, Bornheim, summer

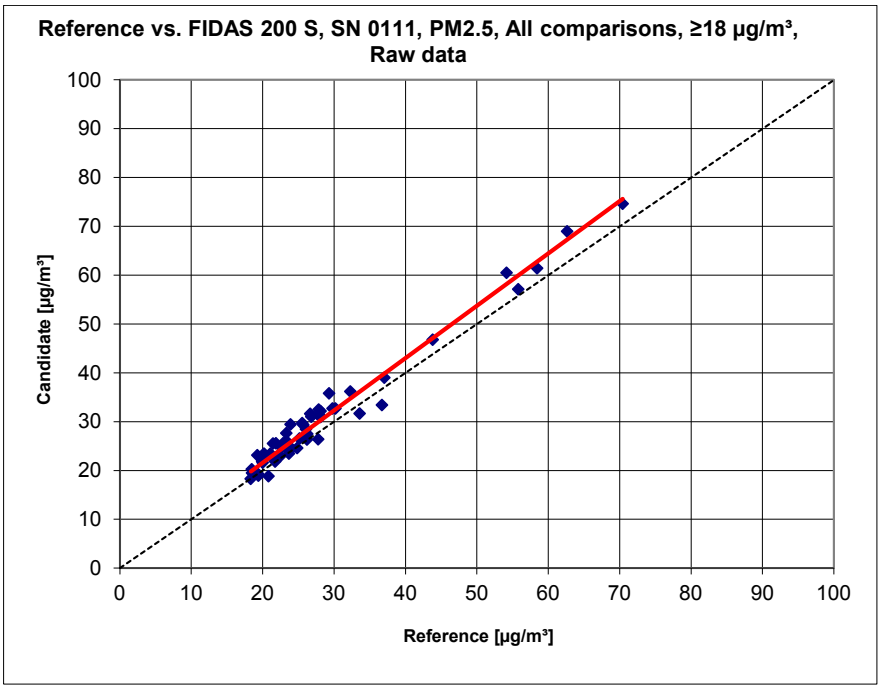


Figure 83: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component $PM_{2.5}$, values ≥ 18 µg/m³

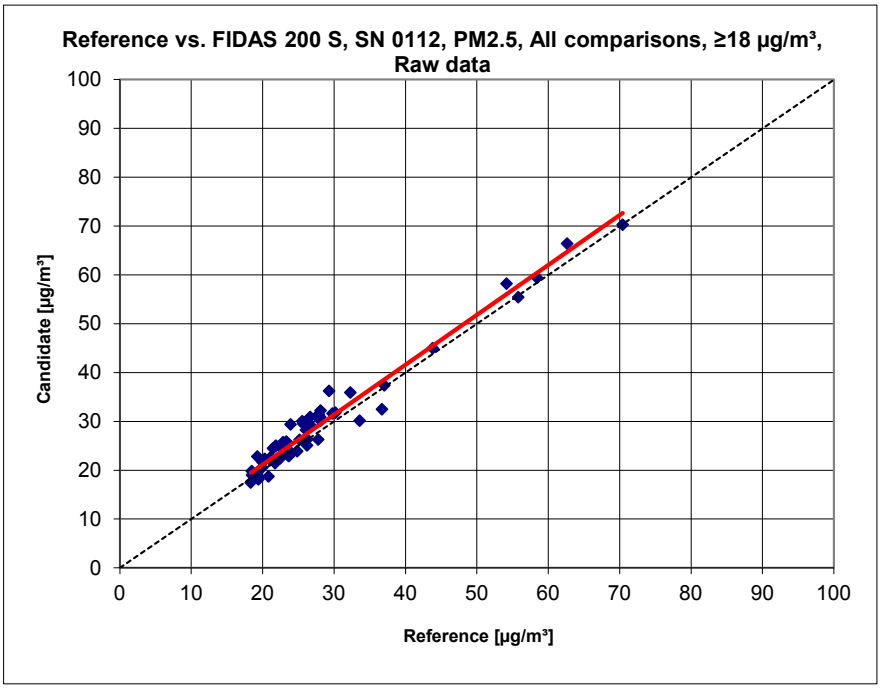


Figure 84: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component $PM_{2.5}$, values ≥ 18 µg/m³

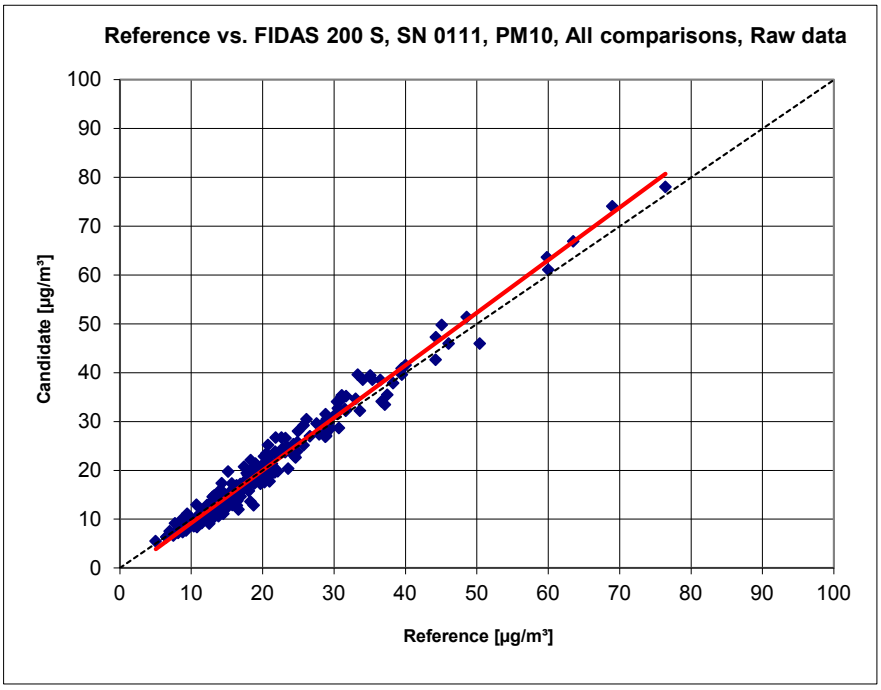


Figure 85: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component PM_{10}, all test sites

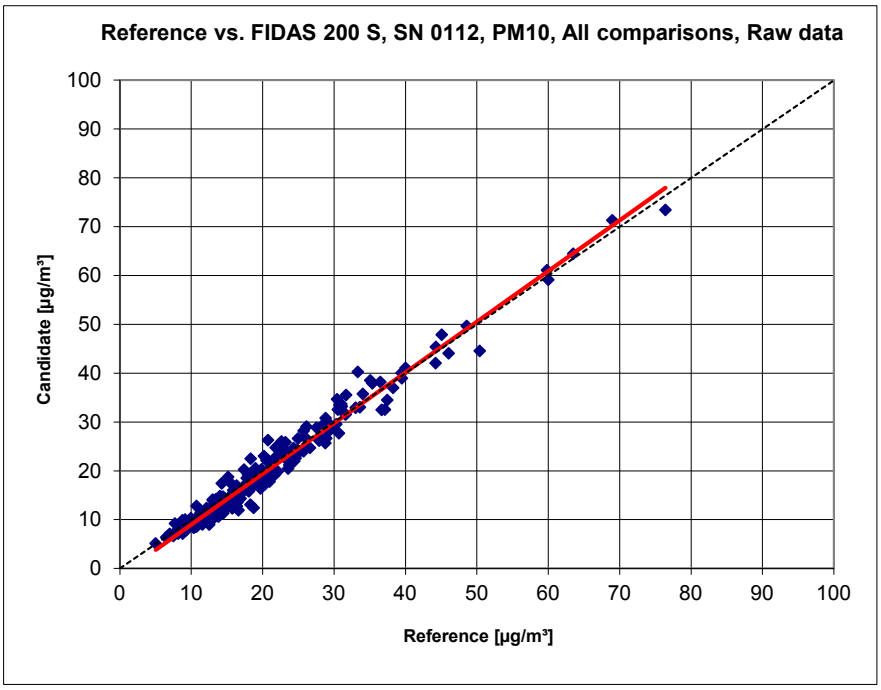


Figure 86: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component PM_{10}, all test sites

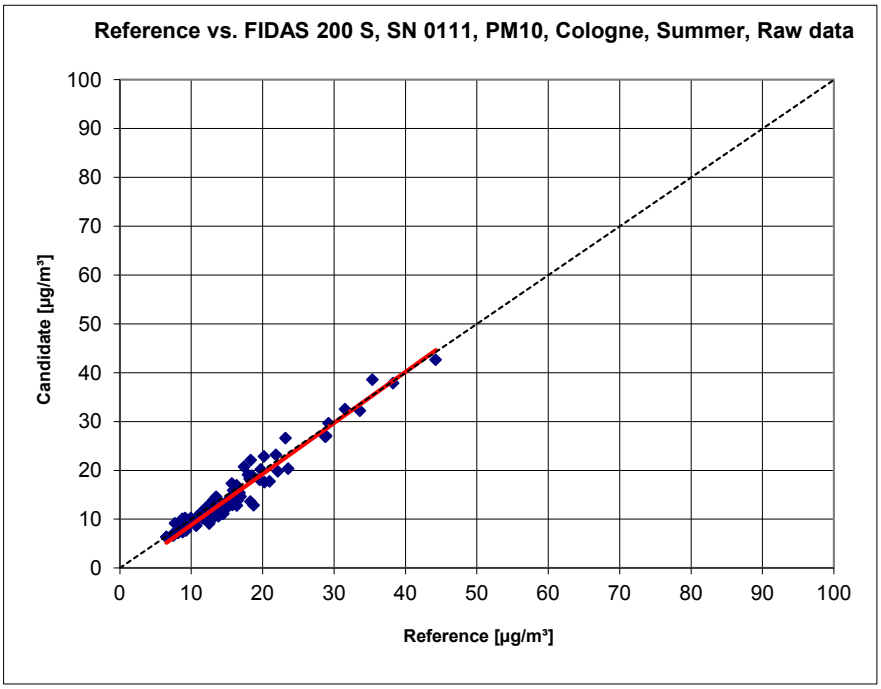


Figure 87: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component PM_{10}, Cologne, summer

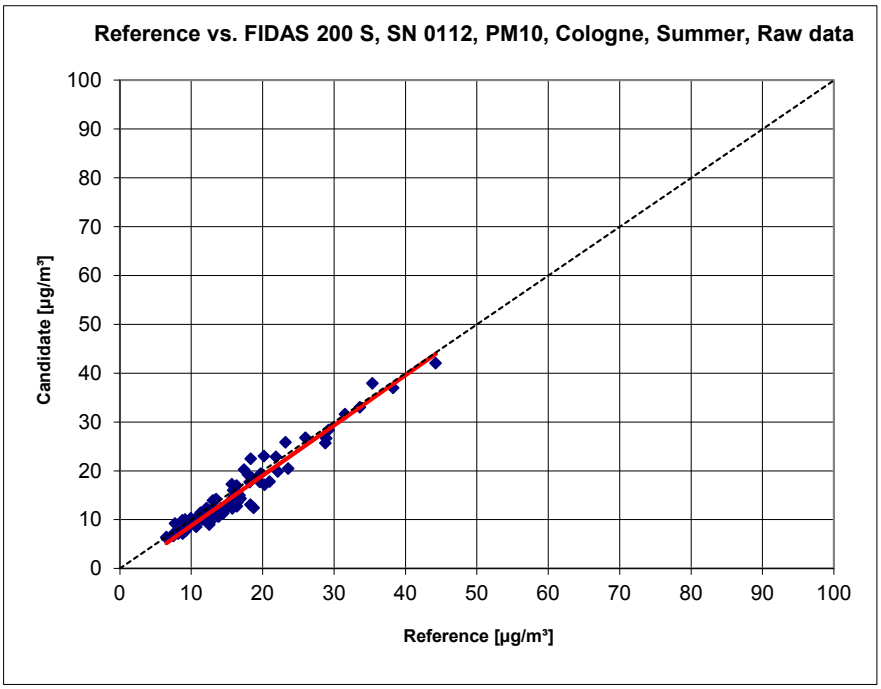


Figure 88: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component PM_{10}, Cologne, summer

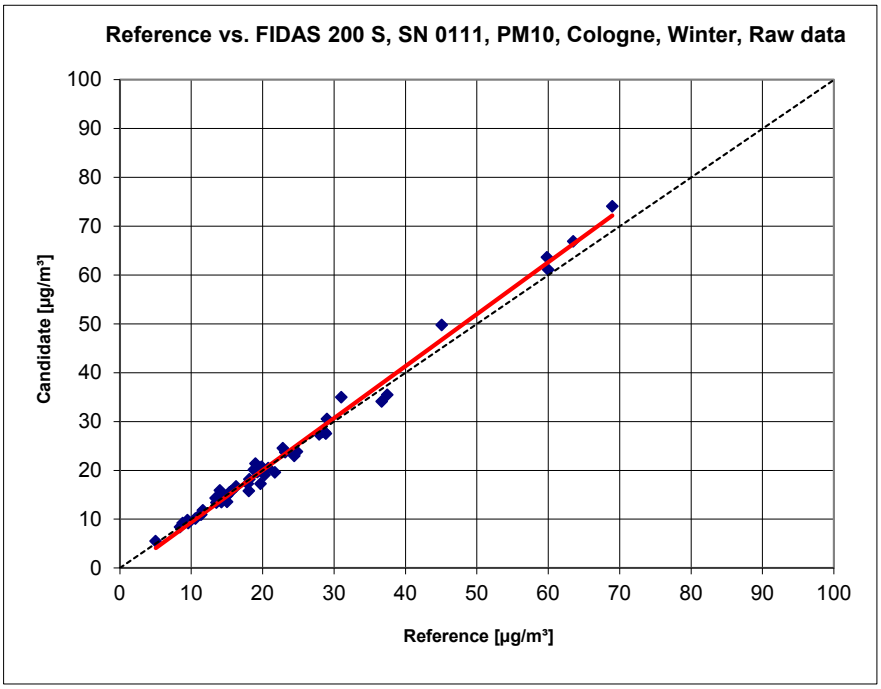


Figure 89: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component PM_{10}, Cologne, winter

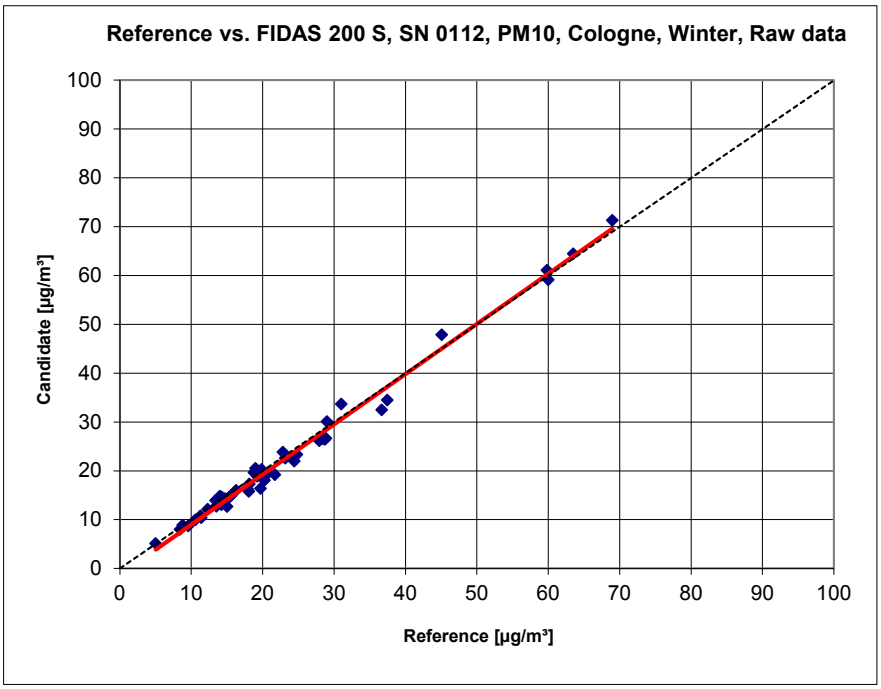


Figure 90: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component PM_{10}, Cologne, winter

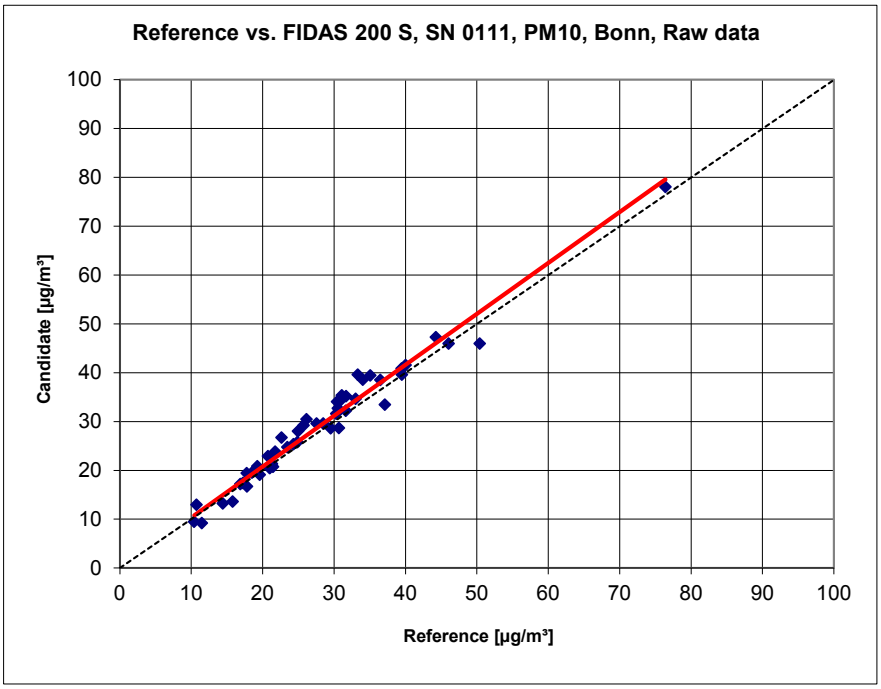


Figure 91: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component PM_{10}, Bonn, winter

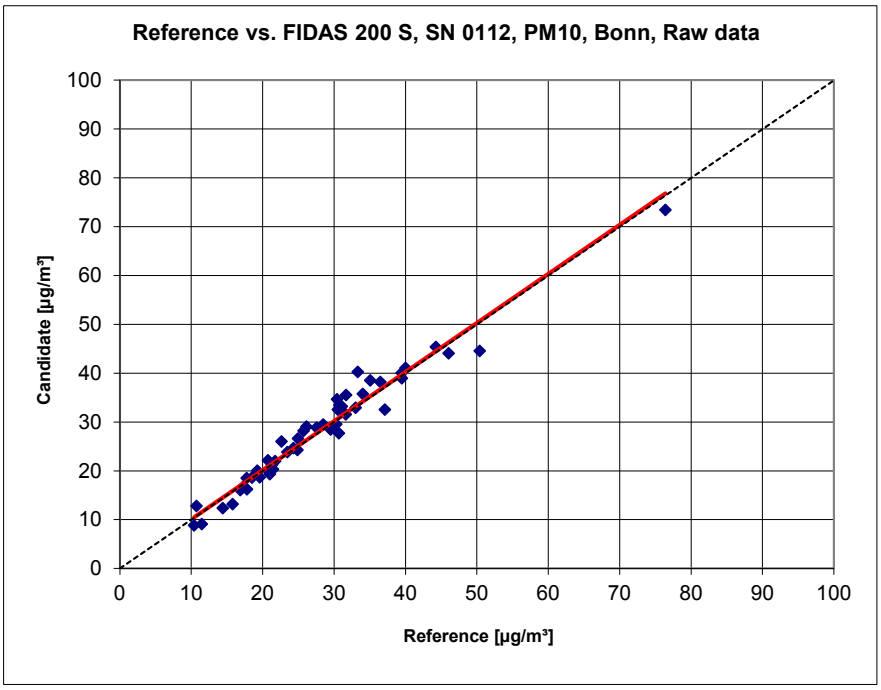


Figure 92: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component PM_{10}, Bonn, winter

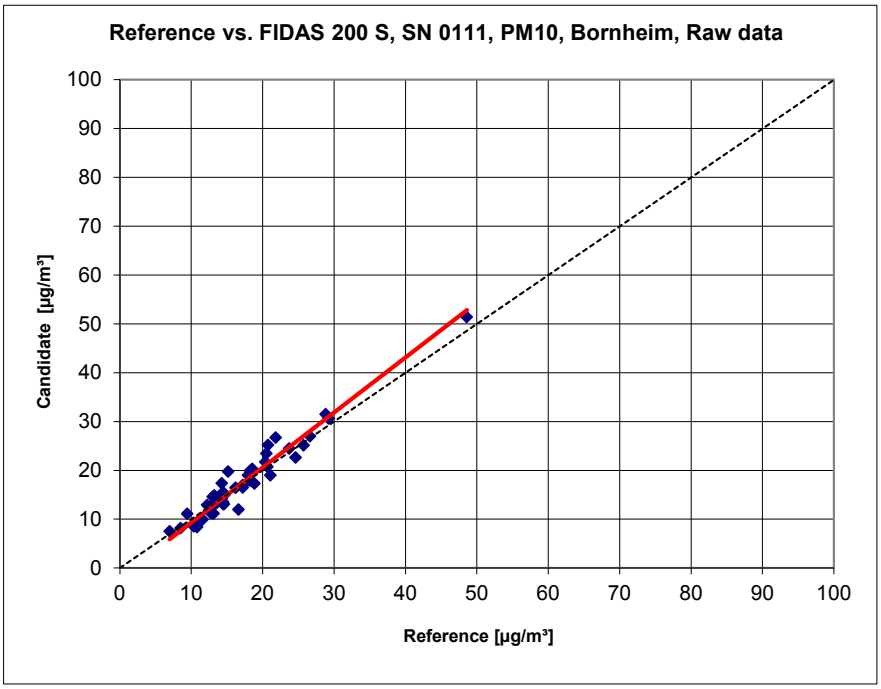


Figure 93: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component PM_{10}, Bornheim, summer

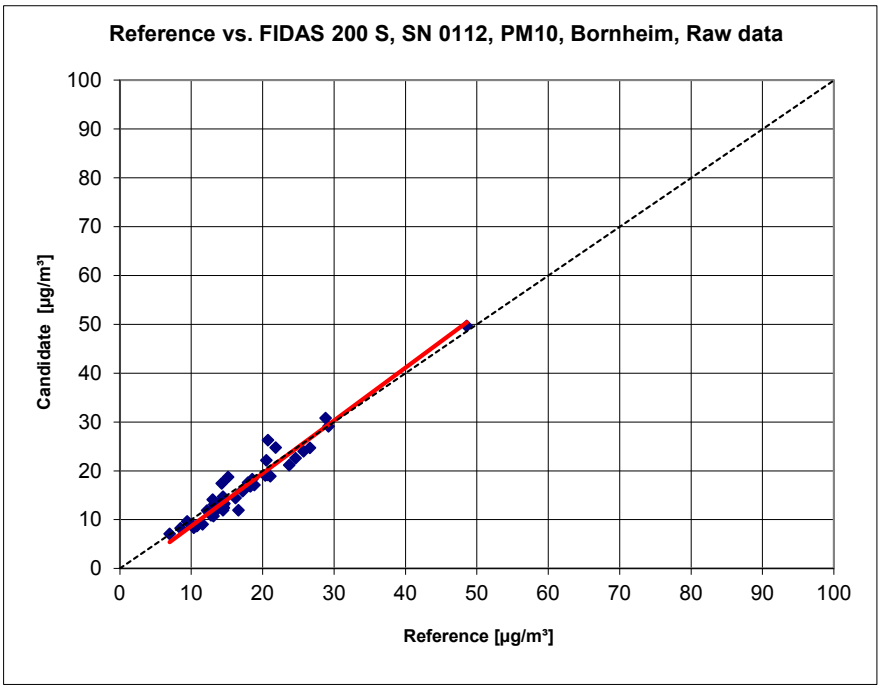


Figure 94: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component PM_{10}, Bornheim, summer

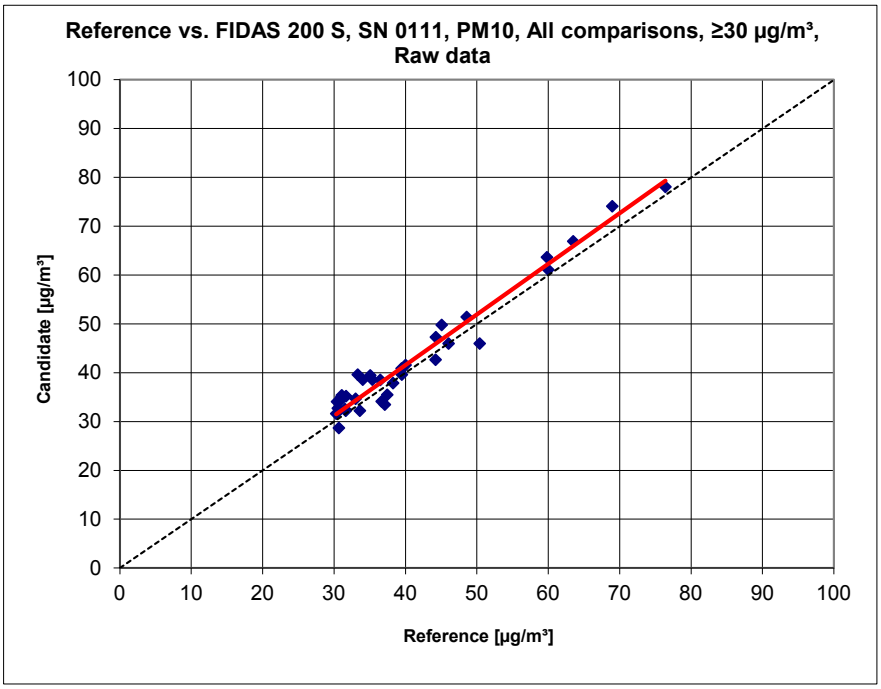


Figure 95: Reference device vs. candidate, SN 0111, measured component PM_{10}, values ≥ 30 µg/m³

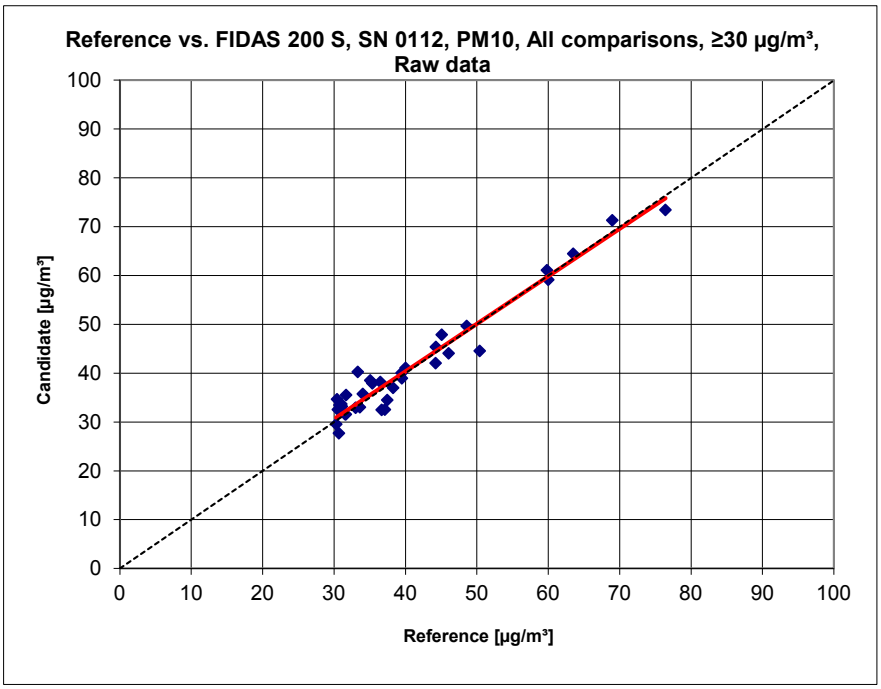


Figure 96: Reference device vs. candidate, SN 0112, measured component PM_{10}, values ≥ 30 µg/m³

6.1 5.4.11 Application of correction factors and terms

If the maximum expanded uncertainty of the systems under test exceeds the data quality objectives according to Annex B of Standard VDI 4202, Sheet 1 (September 2010) for the test of $PM_{2.5}$ measuring systems, the application of factors and terms is allowed. Values corrected shall meet the requirements of chapter 9.5.3.2ff of the Guide "Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods".

The tests were also carried out for the component PM_{10}.

6.2 Equipment

No equipment is necessary to test this performance criterion.

6.3 Method

Refer to module 5.4.10.

6.4 Evaluation

If evaluation of the raw data according to module 5.4.10 leads to a case where $W_{CM} > W_{dqo}$, which means that the candidate systems is not regarded equivalent to the reference method, it is permitted to apply a correction factor or term resulting from the regression equation obtained from the full dataset. The corrected values shall satisfy the requirements for all datasets or subsets (refer to module 5.4.10). Moreover, a correction factor may be applied even for $W_{CM} \leq W_{dqo}$ in order to improve the accuracy of the candidate systems.

Three different cases may occur:

a) Slope b not significantly different from 1: $|b-1| \leq 2u(b)$,
intercept a significantly different from 0: $|a| > 2u(a)$

b) Slope b significantly different from 1: $|b-1| > 2u(b)$,
intercept a not significantly different from 0: $|a| \leq 2u(a)$

c) Slope b significantly different from 1: $|b-1| > 2u(b)$
intercept a significantly different from 0: $|a| > 2u(a)$

With respect to a)

The value of the intercept a may be used as a correction term to correct all input values y_i according to the following equation.

$$y_{i,corr} = y_i - a$$

The resulting values of $y_{i,corr}$ may then be used to calculate the following new terms by linear regression:

$$y_{i,corr} = c + dx_i$$

and

$$u^2_{c\_s}(y_{i,corr}) = \frac{RSS}{(n-2)} - u^2(x_i) + \left[c + (d-1)x_i\right]^2 + u^2(a)$$

with u(a) = uncertainty of the original intercept a, the value of which has been used to obtain $y_{i,corr}$.

Algorithms for the calculation of intercepts as well as slopes and their variances by orthogonal regression are described in detail in annex B of [4]. RSS is determined analogue to the calculation in module 5.4.10.

With respect to b)

The value of the slope b may be used as a term to correct all input values y_i according to the following equation.

$$y_{i,corr} = \frac{y_i}{b}$$

The resulting values of $y_{i,corr}$ may then be used to calculate the following new terms by linear regression:

$$y_{i,corr} = c + dx_i$$

and

$$u^2_{c\_s}(y_{i,corr}) = \frac{RSS}{(n-2)} - u^2(x_i) + \left[c + (d-1)x_i\right]^2 + x_i^2 u^2(b)$$

with u(b) = uncertainty of the original slope b, the value of which has been used to obtain $y_{i,corr}$.

Algorithms for the calculation of intercepts as well as slopes and their variances by orthogonal regression are described in detail in annex B of [4]. RSS is determined analogue to the calculation in module 5.4.10.

With respect to c)

The values of the slope b and of the intercept a may be used as correction terms to correct all input values y_i according to the following equation.

$$y_{i,corr} = \frac{y_i - a}{b}$$

The resulting values of $y_{i,corr}$ may then be used to calculate the following new terms by linear regression:

$$y_{i,corr} = c + dx_i$$

and

$$u^2_{c\_s}(y_{i,corr}) = \frac{RSS}{(n-2)} - u^2(x_i) + \left[c + (d-1)x_i\right]^2 + x_i^2 u^2(b) + u^2(a)$$

with u(b) = uncertainty of the original slope b, the value of which has been used to obtain $y_{i,corr}$ and with u(a) = uncertainty of the original intercept a, the value of which has been used to obtain $y_{i,corr}$.

Algorithms for the calculation of intercepts as well as slopes and their variances by orthogonal regression are described in detail in Annex B of [5]. RSS is determined analogue to the calculation in module 5.4.10.

The values for $u_{c\_s,corr}$ are used for the calculation of the combined relative uncertainty of the candidate systems after correction according to the following equation:

$$w^2_{c,CM,corr}(y_i) = \frac{u^2_{c\_s,corr}(y_i)}{y_i^2}$$

For the corrected dataset, uncertainty $w_{c,CM,corr}$ is calculated at the daily limit value by taking y_i as the concentration at the limit value.

The expanded relative uncertainty $W_{CM,corr}$ is calculated according to the following equation:

$$W_{CM',corr} = k \cdot w_{CM,corr}$$

In practice: k=2 for large number of available experimental results

The highest resulting uncertainty $W_{CM,corr}$ is compared and assessed with the requirements on data quality of ambient air measurements according to EU Standard [8]. Two results are possible:

1. $W_{CM} \leq W_{dqo}$ → Candidate method is accepted as equivalent to the standard method.

2. $W_{CM} > W_{dqo}$ → Candidate method is not accepted as equivalent to the standard method.

The specified expanded relative uncertainty W_{dqo} for particulate matter is 25 % [8].

6.5 Assessment

Due to application of the correction factors, the candidates meet the requirements on data quality of ambient air quality measurements for all datasets for $PM_{2.5}$ and PM_{10}. For PM_{10}, the requirements are met even without application of correction factors. The corrections of slope and intercept nevertheless lead to an improvement of the expanded measurement uncertainties of the full data comparison.

Performance criterion met? yes

The evaluation of the full dataset for both candidates shows a significant intercepts for the two measuring components $PM_{2.5}$ and PM_{10}.

For $PM_{2.5}$:

The slope for the full dataset is 1.076. The intercept for the full dataset is -0.339 (refer to Table 42).

For PM_{10}:

The slope for the full dataset is 1.058. The intercept for the full dataset -1.505 (refer to Table 43).

Slope and intercept were corrected for both measured components for the complete dataset. All datasets were then re-evaluated using the corrected values.

After correction, all datasets fulfil the requirements on data quality and the measurement uncertainties improve significantly at some sites.

The January 2010 version of the Guide requires that the systems are tested annually at a number of sites corresponding to the highest expanded uncertainty found during equivalence testing, if the AMS is operated within a network. The corresponding criterion for determining the number of test sites is divided into 5 % steps (Guide [4], chapter 9.9.2, Table 6). It should be noted that the highest expanded uncertainty determined for $PM_{2.5}$ lies in the range of 15 % to 20 %. For PM_{10}, the highest expanded uncertainty determined lies in the range of <10 % before as well as after the correction.

The network operator or the responsible authority of the member state is responsible for the appropriate realisation of the required regular checks in networks mentioned above. However, TÜV Rheinland recommends to use the expanded uncertainty for the full dataset, i.e. for $PM_{2.5}$: (uncorrected dataset) and 10.2 % (dataset after slope/offset correction), which would require an annual test at 4 measurement sites (uncorrected) or 3 measurement sites (corrected); for PM_{10}: 9.1 % (uncorrected dataset) and 7.2 % (dataset after slope/offset correction), which would require an annual test at 2 measurement sites for both datasets (uncorrected and corrected).

6.6 Detailed presentation of test results

Table 46 and Table 47 present the results of the evaluations of the equivalence test after application of the correction factors for slope and intercept on the complete dataset.

Table 46: Summary of the results of the equivalence test, SN 0111 & SN 0112, measured component $PM_{2.5}$ after correction of slope / intercept

Comparison candidate with reference according to Guide "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", January 2010					
Candidate	FIDAS 200 S		SN	SN 0111 & SN 0112	
			Limit value	30	µg/m³
Status of measured values	Slope & offset corrected		Allowed uncertainty	25	%
All comparisons					
Uncertainty between Reference	**0.58**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.44**	**µg/m³**			
	SN 0111 & SN 0112				
Number of data pairs	**225**				
Slope b	**0.999**	**not significant**			
Uncertainty of b	**0.010**				
Ordinate intercept a	**0.012**	**not significant**			
Uncertainty of a	**0.178**				
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**10.17**	**%**			
All comparisons, ≥18 µg/m³					
Uncertainty between Reference	**0.63**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.78**	**µg/m³**			
	SN 0111 & SN 0112				
Number of data pairs	**54**				
Slope b	**0.971**				
Uncertainty of b	**0.023**				
Ordinate intercept a	**0.771**				
Uncertainty of a	**0.715**				
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**12.87**	**%**			
All comparisons, <18 µg/m³					
Uncertainty between Reference	**0.57**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.31**	**µg/m³**			
	SN 0111 & SN 0112				
Number of data pairs	**171**				
Slope b	**1.108**				
Uncertainty of b	**0.030**				
Ordinate intercept a	**-1.010**				
Uncertainty of a	**0.304**				
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**17.50**	**%**			

Comparison candidate with reference according to Guide "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", January 2010					
Candidate	FIDAS 200 S		SN	SN 0111 & SN 0112	
			Limit value	30	µg/m³
Status of measured values	Slope & offset corrected		Allowed uncertainty	25	%
Cologne, Summer					
Uncertainty between Reference	**0.66**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.11**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**81**			**82**	
Slope b	**1.036**			**1.034**	
Uncertainty of b	**0.031**			**0.033**	
Ordinate intercept a	**-0.518**			**-0.478**	
Uncertainty of a	**0.337**			**0.351**	
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**10.06**	**%**		**10.40**	**%**
Cologne, Winter					
Uncertainty between Reference	**0.54**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.51**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**51**			**50**	
Slope b	**0.976**			**0.942**	
Uncertainty of b	**0.013**			**0.013**	
Ordinate intercept a	**0.962**			**0.951**	
Uncertainty of a	**0.291**			**0.303**	
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**8.36**	**%**		**9.90**	**%**
Bonn					
Uncertainty between Reference	**0.62**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.65**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**50**			**50**	
Slope b	**1.034**			**0.993**	
Uncertainty of b	**0.023**			**0.025**	
Ordinate intercept a	**-0.394**			**-0.144**	
Uncertainty of a	**0.531**			**0.575**	
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**11.94**	**%**		**12.42**	**%**
Bornheim					
Uncertainty between Reference	**0.42**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.46**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**45**			**45**	
Slope b	**1.124**			**1.098**	
Uncertainty of b	**0.050**			**0.050**	
Ordinate intercept a	**-1.027**			**-1.137**	
Uncertainty of a	**0.598**			**0.598**	
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**21.34**	**%**		**16.63**	**%**
All comparisons, ≥18 µg/m³					
Uncertainty between Reference	**0.63**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.78**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**54**			**54**	
Slope b	**0.994**			**0.948**	
Uncertainty of b	**0.023**			**0.024**	
Ordinate intercept a	**0.515**			**1.011**	
Uncertainty of a	**0.701**			**0.74**	
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**12.77**	**%**		**13.86**	**%**
All comparisons, <18 µg/m³					
Uncertainty between Reference	**0.57**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.31**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**173**			**173**	
Slope b	**1.130**			**1.090**	
Uncertainty of b	**0.030**			**0.030**	
Ordinate intercept a	**-1.095**			**-0.929**	
Uncertainty of a	**0.304**			**0.308**	
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**20.87**	**%**		**15.14**	**%**
All comparisons					
Uncertainty between Reference	**0.58**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.44**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**227**			**227**	
Slope b	**1.017**	**not significant**		**0.981**	**not significant**
Uncertainty of b	**0.010**			**0.010**	
Ordinate intercept a	**-0.053**	**not significant**		**0.111**	**not significant**
Uncertainty of a	**0.176**			**0.182**	
Expanded meas. uncertainty W_{CM}	**10.57**	**%**		**10.89**	**%**

Table 47: Summary of the results of the equivalence test, SN 0111 & SN 0112, measured component PM_{10} after correction of slope / intercept

Comparison candidate with reference according to Guide "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", January 2010					
Candidate	FIDAS 200 S		SN	SN 0111 & SN 0112	
			Limit value	50	µg/m³
Status of measured values	Slope and offset corrected		Allowed uncertainty	25	%
All comparisons					
Uncertainty between Reference	**0.62**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.64**	**µg/m³**			
SN 0111 & SN 0112					
Number of data pairs	**227**				
Slope b	**0.999**	**not significant**			
Uncertainty of b	**0.011**				
Ordinate intercept a	**0.015**	**not significant**			
Uncertainty of a	**0.249**				
Expanded measured uncertainty WCM	**7.22**	**%**			
All comparisons, ≥30 µg/m³					
Uncertainty between Reference	**0.67**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**1.10**	**µg/m³**			
SN 0111 & SN 0112					
Number of data pairs	**35**				
Slope b	**0.949**				
Uncertainty of b	**0.036**				
Ordinate intercept a	**2.181**				
Uncertainty of a	**1.530**				
Expanded measured uncertainty WCM	**10.17**	**%**			
All comparisons, <30 µg/m³					
Uncertainty between Reference	**0.61**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.55**	**µg/m³**			
SN 0111 & SN 0112					
Number of data pairs	**192**				
Slope b	**1.023**				
Uncertainty of b	**0.021**				
Ordinate intercept a	**-0.408**				
Uncertainty of a	**0.364**				
Expanded measured uncertainty WCM	**7.23**	**%**			

Comparison candidate with reference according to Guide "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", January 2010					
Candidate	FIDAS 200 S		SN	SN 0111 & SN 0112	
			Limit value	50	µg/m³
Status of measured values	Slope and offset corrected		Allowed uncertainty	25	%
Cologne, Summer					
Uncertainty between Reference	**0.80**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.26**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**81**			**82**	
Slope b	**0.986**			**0.970**	
Uncertainty of b	**0.026**			**0.026**	
Ordinate intercept a	**-0.098**			**0.009**	
Uncertainty of a	**0.463**			**0.462**	
Expanded measured uncertainty W_{CM}	**7.28**	**%**		**8.86**	**%**
Cologne, Winter					
Uncertainty between Reference	**0.53**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.63**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**51**			**50**	
Slope b	**1.006**			**0.971**	
Uncertainty of b	**0.014**			**0.014**	
Ordinate intercept a	**0.238**			**0.216**	
Uncertainty of a	**0.378**			**0.377**	
Expanded measured uncertainty W_{CM}	**6.23**	**%**		**7.62**	**%**
Bonn					
Uncertainty between Reference	**0.38**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.85**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**50**			**50**	
Slope b	**0.985**			**0.948**	
Uncertainty of b	**0.026**			**0.027**	
Ordinate intercept a	**1.372**			**1.510**	
Uncertainty of a	**0.776**			**0.817**	
Expanded measured uncertainty W_{CM}	**8.95**	**%**		**10.01**	**%**
Bornheim					
Uncertainty between Reference	**0.54**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.82**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**47**			**47**	
Slope b	**1.064**			**1.022**	
Uncertainty of b	**0.037**			**0.037**	
Ordinate intercept a	**-0.425**			**-0.597**	
Uncertainty of a	**0.693**			**0.681**	
Expanded measured uncertainty W_{CM}	**13.33**	**%**		**7.44**	**%**
All comparisons, ≥30 µg/m³					
Uncertainty between Reference	**0.67**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**1.10**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**35**			**35**	
Slope b	**0.979**			**0.919**	
Uncertainty of b	**0.036**			**0.037**	
Ordinate intercept a	**1.526**			**2.795**	
Uncertainty of a	**1.539**			**1.56**	
Expanded measured uncertainty W_{CM}	**10.30**	**%**		**11.37**	**%**
All comparisons, <30 µg/m³					
Uncertainty between Reference	**0.61**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.55**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**194**			**194**	
Slope b	**1.046**			**1.002**	
Uncertainty of b	**0.021**			**0.020**	
Ordinate intercept a	**-0.510**			**-0.305**	
Uncertainty of a	**0.372**			**0.358**	
Expanded measured uncertainty W_{CM}	**9.79**	**%**		**6.52**	**%**
All comparisons					
Uncertainty between Reference	**0.62**	**µg/m³**			
Uncertainty between Candidates	**0.64**	**µg/m³**			
	SN 0111			**SN 0112**	
Number of data pairs	**229**			**229**	
Slope b	**1.017**	**not significant**		**0.981**	**not significant**
Uncertainty of b	**0.011**			**0.011**	
Ordinate intercept a	**-0.037**	**not significant**		**0.081**	**not significant**
Uncertainty of a	**0.252**			**0.249**	
Expanded measured uncertainty W_{CM}	**8.05**	**%**		**8.01**	**%**

6.1 5.5 Requirements on multiple-component measuring systems

Multiple-component measuring systems shall comply with the requirements set for each component, also in the case of simultaneous operation of all measuring channels.

6.2 Equipment

Not applicable.

6.3 Method

The Fidas® 200 S is an automated measuring system based on the measurement technology of optical light scattering. The output of measurements of PM fractions is continuous and simultaneous.

The test was carried out in compliance with the requirements on testing the different PM fractions.

6.4 Evaluation

The evaluation of the individual performance criteria was made with regard to the respective measurement components.

6.5 Assessment

Upon assessing the minimum requirements, the measured values for both components were available at the same time.

Performance criterion met? yes

6.6 Detailed presentation of test results

No equipment is necessary to test this performance criterion.

7. Recommendations for practical use

7.1 Works in the maintenance interval (4 weeks)

The following procedures are required to be carried out at regular intervals:

- Regular visual inspection / telemetrical monitoring
- Check of instrument status
  The instrument status may be controlled directly at the instrument or monitored online.
- The sensitivity of the particle sensor shall be checked with CalDust 1100 once a month. Should the sensitivity of the particle sensor deviate from the nominal value 130 by more than ±1.5 channels, it shall be readjusted with CalDust 1100; otherwise it shall be readjusted at least every 3 months.

As for the rest, the instructions and recommendations provided by the manufacturer shall be followed.

7.2 Further maintenance work

In addition to the regular maintenance work in the maintenance interval, the following procedures are necessary:

- As a matter of principle, the sampling head shall be cleaned according to the instructions provided by the manufacturer. Local concentrations of suspended particulate matter shall be taken into account (during performance testing approx. every 3 months).
- The system's leak tightness shall be inspected every 3 months according to the manufacturer's information.
- A flow rate check shall be carried out every 3 months according to the manufacturer's information.
- The sensors of the weather station WS600-UMB shall be checked once a year (or when necessary) according to the specifications provided by the manufacturer.
- Cleaning the optical sensor is only required if the photomultiplier-voltage exceeds the calibration value obtained after the last cleaning or on delivery by more than 15 %.
- The filter shall be cleaned or changed if the suction pump capacity exceeds 50 %.

Further details are provided in the user manual.

Department of Environmental Protection/Air Pollution Control

Dipl.-Ing. Karsten Pletscher

Dr Peter Wilbring

Cologne, 20th September 2013
936/21218896/A

8. Literature

[1] VDI Standard 4202, Part 1, “Performance criteria for performance tests of automated ambient air measuring systems – Point-related measurement methods for gaseous and particulate air pollutants”, June 2002 & September 2010

[2] VDI Standard 4203, Part 3, “Testing of automated measuring systems – Test procedures for point-related ambient air measuring systems for gaseous and particulate air pollutants”, August 2004 & September 2010

[3] Standard EN 12341, “Air quality – Determination of the PM10 fraction of suspended particulate matter. Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods”, German version EN 12341: 1998

[4] Standard EN 14907, “Ambient air quality – Standard gravimetric measurement method for the determination of the $PM_{2.5}$ mass fraction of suspended particulate matter”, German version EN 14907: 2005

[5] Guidance document “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”, English version of January 2010

[6] Operator’s manual Fidas® 200 S, comprising the manuals Fidas®, Fidas® Firmware, PDAnalyze Software, and Compact Weather Station WS600-UMB

[7] Operator’s manual LVS3, Stand 2000

[8] Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe

[9] Technical Specification CEN/TS 16450, “Ambient air – Automated measuring systems for the measurement of the concentration of particulate matter (PM10; PM2.5)”; English version, May 2013

[10] Report “UK Equivalence Programme for Monitoring of Particulate Matter”, Report No.: BV/AQ/AD202209/DH/2396 of 5 June 2006

9. Annex

Appendix 1 **Measured and calculated values**

Annex 1: Detection limit
Annex 2: Temperature dependence of zero point
Annex 3: Temperature dependence of the sensitivity
Annex 4: Dependence on supply voltage
Annex 5: Measured values at the field test sites
Annex 6: Ambient conditions at the field test sites

Appendix 2 **Filter weighing procedure**

Appendix 3 **Manuals**

Annex 1 — Detection limit — Page 1 of 2

Manufacturer Palas

Type FIDAS 200

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

Standards ZP Zero filter

No.	Date	Measured values [µg/m³] SN 0111	Date	Measured values [µg/m³] SN 0112
1	4/5/2012	0.0000000	4/5/2012	0.0000000
2	4/6/2012	0.0000000	4/6/2012	0.0000005
3	4/7/2012	0.0000000	4/7/2012	0.0000000
4	4/8/2012	0.0000000	4/8/2012	0.0000000
5	4/9/2012	0.0000000	4/9/2012	0.0000000
6	4/10/2012	0.0000008	4/10/2012	0.0000000
7	4/11/2012	0.0000000	4/11/2012	0.0000008
8	4/12/2012	0.0000008	4/12/2012	0.0000003
9	4/13/2012	0.0000000	4/13/2012	0.0000006
10	4/14/2012	0.0000000	4/14/2012	0.0000000
11	4/15/2012	0.0000177	4/15/2012	0.0000008
12	4/16/2012	0.0012831	4/16/2012	0.0000000
13	4/17/2012	0.0010071	4/17/2012	0.0000000
14	4/18/2012	0.0001465	4/18/2012	0.0000000
15	4/19/2012	0.0004303	4/19/2012	0.0000000
	No. of values	15	No. of values	15
	Mean	0.0001924	Mean	0.0000002
	Standard deviation s_{x0}	0.0004064	Standard deviation s_{x0}	0.0000003
	Detection limit x	8.7E-04	Detection limit x	6.6E-07

$$s_{xo} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \overline{x_0})^2}$$

Annex 1 — Detection limit — Page 2 of 2

Manufacturer Palas

Type FIDAS 200

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

Standards ZP Zero filter

No.	Date	Measured values [µg/m³] SN 0111	Date	Measured values [µg/m³] SN 0112
1	4/5/2012	0.0000003	4/5/2012	0.0000000
2	4/6/2012	0.0000000	4/6/2012	0.0000005
3	4/7/2012	0.0000000	4/7/2012	0.0000000
4	4/8/2012	0.0000000	4/8/2012	0.0000000
5	4/9/2012	0.0000000	4/9/2012	0.0000000
6	4/10/2012	0.0000000	4/10/2012	0.0000000
7	4/11/2012	0.0000008	4/11/2012	0.0000008
8	4/12/2012	0.0000000	4/12/2012	0.0000003
9	4/13/2012	0.0000008	4/13/2012	0.0000006
10	4/14/2012	0.0000000	4/14/2012	0.0000000
11	4/15/2012	0.0000000	4/15/2012	0.0000008
12	4/16/2012	0.0000177	4/16/2012	0.0000000
13	4/17/2012	0.0012831	4/17/2012	0.0000000
14	4/18/2012	0.0010071	4/18/2012	0.0000000
15	4/19/2012	0.0001465	4/19/2012	0.0000000
	No. of values	15	No. of values	15
	Mean	0.0001638	Mean	0.0000002
	Standard deviation s_{x0}	0.0004036	Standard deviation s_{x0}	0.0000003
	Detection limit x	8.7E-04	Detection limit x	6.6E-07

$$s_{xo} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \overline{x_0})^2}$$

Annex 2 — Dependence of zero point on ambient temperature (PM10) — Page 1 of 2

Manufacturer PALAS

Type FIDAS 200

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

Standards ZP Zero filter

			Cycle 1		Cycle 2		Cycle 3			
SN 0111	No.	Temperature [°C]	Measured value [µg/m³]	Dev. [µg/m³]	Measured value [µg/m³]	Dev. [µg/m³]	Measured value [µg/m³]	Dev. [µg/m³]		
ZP	1	20	0.0000000	-	0.0000000	-	0.0000000	-		
	2	-20	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000		
	3	20	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000		
	4	50	0.0000005	0.0000005	0.0000014	0.0000014	0.0000014	0.0000014		
	5	20	0.0000000	0.0000000	0.0000008	0.0000008	0.0000000	0.0000000		
SN 0112	No.	Temperature [°C]	Measured value [µg/m³]	Dev. [µg/m³]	Measured value [µg/m³]	Dev. [µg/m³]	Measured value [µg/m³]	Dev. [µg/m³]		
ZP	1	20	0.0000003	-	0.0000000	-	0.0000332	-		
	2	-20	0.0000000	-0.0000003	0.0000017	0.0000017	0.0000000	-0.0000332		
	3	20	0.0000000	-0.0000003	0.0000001	0.0000001	0.0000040	-0.0000292		
	4	50	0.0000000	-0.0000003	0.0000000	0.0000000	0.0000000	-0.0000332		
	5	20	0.0000006	0.0000003	0.0000000	0.0000000	0.0000000	-0.0000332		

Annex 2 — Dependence of zero point on ambient temperature (PM2.5) — Page 2 of 2

Manufacturer PALAS

Type FIDAS 200

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

Standards ZP Zero filter

			Cycle 1		Cycle 2		Cycle 3			
SN 0111	No.	Temperature [°C]	Measured value [µg/m³]	Dev. [µg/m³]	Measured value [µg/m³]	Dev. [µg/m³]	Measured value [µg/m³]	Dev. [µg/m³]		
ZP	1	20	0.0000000	-	0.0000000	-	0.0000000	-		
	2	-20	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000		
	3	20	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000		
	4	50	0.0000005	0.0000005	0.0000014	0.0000014	0.0000014	0.0000014		
	5	20	0.0000000	0.0000000	0.0000008	0.0000008	0.0000000	0.0000000		
SN 0112	No.	Temperature [°C]	Measured value [µg/m³]	Dev. [µg/m³]	Measured value [µg/m³]	Dev. [µg/m³]	Measured value [µg/m³]	Dev. [µg/m³]		
ZP	1	20	0.0000003	-	0.0000000	-	0.0000332	-		
	2	-20	0.0000000	-0.0000003	0.0000017	0.0000017	0.0000000	-0.0000332		
	3	20	0.0000000	-0.0000003	0.0000001	0.0000001	0.0000040	-0.0000292		
	4	50	0.0000000	-0.0000003	0.0000000	0.0000000	0.0000000	-0.0000332		
	5	20	0.0000006	0.0000003	0.0000000	0.0000000	0.0000000	-0.0000332		

Annex 3 — Dependence of measured value on ambient temperature (PM10) — Page 1 of 2

Manufacturer: Palas

Standards: CalDust 1100

Type: FIDAS 200

Serial-No.: SN 0111 / SN 0112

			Cycle 1		Cycle 2		Cycle 3			
SN 0111	No.	Temperature [°C]	Measured value	Dev. [%]	Measured value	Dev. [%]	Measured value	Dev. [%]		
RP	1	20	40.0	-	40.0	-	40.0	-		
	2	-20	38.2	-4.4	38.2	-4.4	38.2	-4.4		
	3	20	39.9	-0.3	39.9	-0.3	40.0	0.0		
	4	50	39.4	-1.4	39.7	-0.9	39.7	-0.9		
	5	20	40.0	0.0	40.1	0.2	40.0	0.0		
SN 0112	No.	Temperature [°C]	Measured value	Dev. [%]	Measured value	Dev. [%]	Measured value	Dev. [%]		
RP	1	20	40.0	-	40.0	-	40.0	-		
	2	-20	41.8	4.6	41.8	4.6	41.8	4.6		
	3	20	40.0	0.0	40.0	0.0	40.1	0.2		
	4	50	39.9	-0.3	40.1	0.2	40.1	0.2		
	5	20	40.0	0.0	40.1	0.2	40.1	0.2		

Annex 3 — Dependence of measured value on ambient temperature (PM2.5) — Page 2 of 2

Manufacturer Palas

Standards CalDust 1100

Type FIDAS 200

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

			Cycle 1		Cycle 2		Cycle 3			
SN 0111	No.	Temperature [°C]	Measured value	Dev. [%]	Measured value	Dev. [%]	Measured value	Dev. [%]		
RP	1	20	25.0	-	25.0	-	25.0	-		
	2	-20	23.9	-4.4	23.9	-4.4	23.9	-4.4		
	3	20	24.9	-0.3	24.9	-0.3	25.0	0.0		
	4	50	24.6	-1.5	24.8	-0.9	24.8	-0.9		
	5	20	25.0	0.0	25.1	0.3	25.0	0.0		
SN 0112	No.	Temperature [°C]	Measured value	Dev. [%]	Measured value	Dev. [%]	Measured value	Dev. [%]		
RP	1	20	25.0	-	25.0	-	25.0	-		
	2	-20	26.2	5.0	26.2	5.0	26.2	5.0		
	3	20	25.0	0.0	25.0	0.0	25.1	0.3		
	4	50	24.9	-0.3	25.1	0.3	25.1	0.3		
	5	20	25.0	0.0	25.1	0.3	25.1	0.3		

Annex 4 — Dependence of measured value on mains voltage (PM10) — Page 1 of 2

Manufacturer PALAS

Standards CalDust 1100

Type FIDAS 200

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

			Cycle 1		Cycle 2		Cycle 3			
SN 0111	No.	Mains voltage [V]	Measured value	Dev. [%]	Measured value	Dev. [%]	Measured value	Dev. [%]		
RP	1	230	40.1	-	39.9	-	40.0	-		
	2	210	40.0	-0.2	40.0	0.3	40.0	0.0		
	3	230	40.1	0.0	40.0	0.3	40.0	0.0		
	4	245	40.1	0.0	40.1	0.5	40.1	0.2		
	5	230	40.0	-0.2	40.0	0.3	40.2	0.5		
SN 0112	No.	Mains voltage [V]	Measured value	Dev. [%]	Measured value	Dev. [%]	Measured value	Dev. [%]		
RP	1	230	40.1	-	40.0	-	40.0	-		
	2	210	40.2	0.2	40.3	0.7	40.2	0.5		
	3	230	40.4	0.7	40.3	0.7	40.3	0.7		
	4	245	40.2	0.2	40.4	1.0	40.2	0.5		
	5	230	40.1	0.0	39.7	-0.9	40.3	0.7		

Annex 4 — Dependence of measured value on mains voltage (PM2.5) — Page 2 of 2

Manufacturer PALAS

Standards CalDust 1100

Type FIDAS 200

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

			Cycle 1		Cycle 2		Cycle 3			
SN 0111	No.	Mains voltage [V]	Measured value	Dev. [%]	Measured value	Dev. [%]	Measured value	Dev. [%]		
RP	1	230	25.1	-	24.9	-	25.0	-		
	2	210	25.0	-0.3	25.0	0.3	25.0	0.0		
	3	230	25.1	0.0	25.0	0.3	25.0	0.0		
	4	245	25.1	0.0	25.1	0.6	25.1	0.3		
	5	230	25.0	-0.3	25.0	0.3	25.1	0.5		
SN 0112	No.	Mains voltage [V]	Measured value	Dev. [%]	Measured value	Dev. [%]	Measured value	Dev. [%]		
RP	1	230	25.1	-	25.0	-	25.0	-		
	2	210	25.1	0.3	25.2	0.8	25.1	0.5		
	3	230	25.3	0.8	25.2	0.8	25.2	0.8		
	4	245	25.1	0.3	25.3	1.1	25.1	0.5		
	5	230	25.1	0.0	24.8	-0.9	25.2	0.8		

Annex 5 **Measured values from field test sites, related to actual conditions** **Page 1 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10 and PM2.5
Measured values in µg/m³ (ACT)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM2,5 [µg/m³]	SN 0112 PM2,5 [µg/m³]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	Remark	Test site
1	5/14/2012						12.9	13.0	20.1	20.3		Cologne, summer
2	5/15/2012	6.8	7.2	11.7	10.0	64.1	7.0	7.0	10.5	10.5		
3	5/16/2012	6.4	8.2	13.8	13.1	54.4	7.0	7.0	12.0	11.9		
4	5/17/2012	6.5	7.6	12.4	11.6	58.9	6.8	6.9	11.1	11.1		
5	5/18/2012			14.4	11.7		8.8	9.0	13.8	13.9	Outlier Ref. PM2,5	
6	5/19/2012						9.2	9.4	13.5	13.5		
7	5/20/2012	12.0	12.8	19.1	16.8	69.0	13.3	13.4	19.1	19.2		
8	5/21/2012	27.7	28.6				32.1	32.2	43.8	43.6	Outlier Ref. PM10	
9	5/22/2012						58.8	58.2	74.5	73.3		
10	5/23/2012			45.2	43.3		32.2	32.0	42.6	42.0	Outlier Ref. PM2,5	
11	5/24/2012	10.7	9.1	19.7	17.0	54.1	11.1	11.2	22.1	22.4		
12	5/25/2012	6.8	6.6	16.6	14.8	42.6	6.1	6.2	17.3	17.2		
13	5/26/2012						8.8	9.0	18.7	19.0		
14	5/27/2012						9.2	9.4	14.6	14.9		
15	5/28/2012	12.2	12.3	20.6	19.8	60.5	15.1	15.2	22.8	23.0		
16	5/29/2012	11.3	11.9	26.8	25.2	44.5		15.5		26.8	SN 0111 accidentally switched off via remote control	
17	5/30/2012	17.6	17.8	34.8	32.4	52.8	22.3	22.6	32.2	33.0		
18	5/31/2012	11.6	12.0	22.6	21.2	53.8	15.8	15.7	23.1	22.8		
19	6/1/2012	9.5	9.3	16.6	15.2	59.1	12.1	12.1	15.9	16.0		
20	6/2/2012						10.6	10.6	13.9	14.1		
21	6/3/2012	10.7	10.6	16.7	16.0	65.0	14.6	14.5	16.9	16.9		
22	6/4/2012	4.1	4.8	11.5	11.2	39.4	6.7	6.7	11.2	11.4		
23	6/5/2012	5.7	4.8	14.2	13.2	38.2	7.1	7.2	11.4	11.6		
24	6/6/2012						6.7	6.8	10.1	10.1		
25	6/7/2012	4.9	4.0	8.5	7.0	57.7	5.3	5.4	9.1	9.2		
26	6/8/2012						3.9	3.9	8.3	8.3		
27	6/9/2012						4.6	4.7	8.8	8.8		
28	6/10/2012										Power failure	
29	6/11/2012	4.2	8.1	9.4	8.2	70.2	5.7	5.7	10.0	9.8		
30	6/12/2012	13.2	12.3	19.5	19.7	65.1	14.1	14.0	18.0	17.7		

Annex 5 **Measured values from field test sites, related to actual conditions** **Page 2 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10 and PM2.5
Measured values in µg/m³ (ACT)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	Remark	Test site
31	6/13/2012	9.7	10.0	21.2	20.7	47.0	12.4	12.3	17.7	17.8		Cologne, summer
32	6/14/2012	11.7	13.0	22.9	21.4	55.9	14.8	14.9	19.8	19.8		
33	6/15/2012										Inlet -> Zero filter	
34	6/16/2012										Zero filter	
35	6/17/2012										Zero filter	
36	6/18/2012	11.2	10.9	17.1	15.8	67.3	10.8	10.8	15.4	15.5		
37	6/19/2012	19.5	19.1	29.2	28.7	66.7	23.1	22.8	27.0	26.6		
38	6/20/2012	13.5	13.0	18.8	18.3	71.5	15.5	15.3	18.9	18.5		
39	6/21/2012	3.6	3.8	9.6	8.7	40.4	5.0	5.1	10.2	10.0		
40	6/22/2012	5.3	7.1	13.4	13.4	46.2	6.5	6.5	11.6	11.6		
41	6/23/2012						6.9	7.0	10.5	10.6		
42	6/24/2012	6.0	5.0	8.9	10.8	55.7	5.4	5.4	9.0	8.9		
43	6/25/2012	10.0	11.3	15.2	16.5	67.1	9.6	9.5	14.7	14.4		
44	6/26/2012	13.4	13.7		19.8		12.0	12.2	16.4	16.5		
45	6/27/2012	11.8	11.8	17.6	18.7	64.9	12.4	12.1	18.2	17.7		
46	6/28/2012	8.0	10.3	17.7	17.1	52.7	9.3	9.3	20.7	20.2		
47	6/29/2012	10.4	10.8	22.9	23.5	45.8	12.6	12.7	26.6	25.8		
48	6/30/2012						8.3	8.3	17.8	17.3		
49	7/1/2012	6.3	7.3	12.4	12.1	55.8	5.8	5.8	10.9	10.7		
50	7/2/2012	6.7	8.5	11.5	12.3	64.2	6.9	6.9	10.8	10.6		
51	7/3/2012	8.7	9.5	17.1	15.1	56.6	7.8	7.9	13.3	13.7		
52	7/4/2012	9.9	10.6	15.8	16.8	62.9	10.4	10.4	16.0	15.7		
53	7/5/2012	8.8	8.6	13.2	13.8	64.3	9.5	9.4	14.6	14.2		
54	7/6/2012	7.0	5.8	10.8	10.4	60.0	5.3	5.3	9.8	9.8		
55	7/7/2012						4.6	4.6	8.0	7.9		
56	7/8/2012	3.4	4.1	6.4	6.7	57.6	3.1	3.2	6.3	6.3		
57	7/9/2012	7.2	7.7	12.4	12.1	60.4	8.0	8.0	12.2	12.1		
58	7/10/2012	7.1	7.1	12.8	11.5	58.4	8.0	8.0	12.4	12.4		
59	7/11/2012	3.7	2.9	7.0	8.1	43.9	3.3	3.4	6.7	6.6		
60	7/12/2012	3.6	3.6	8.2	7.0	46.7	3.3	3.3	7.2	7.2		

Annex 5 **Measured values from field test sites, related to actual conditions** **Page 3 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10 and PM2.5
Measured values in µg/m³ (ACT)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	Remark	Test site
61	7/13/2012	3.2	3.1	6.6	6.5	47.9	3.2	3.2	6.4	6.4		Cologne, summer
62	7/14/2012						3.8	3.9	6.6	6.5		
63	7/15/2012	6.0	7.1	12.0	11.3	56.6	6.3	6.5	10.2	10.2		
64	7/16/2012	3.7	4.3	9.1	7.3	48.6	3.7	3.8	7.2	7.1		
65	7/17/2012	5.4	5.7	12.6	13.1	43.0	7.7	7.7	12.2	12.0		
66	7/18/2012	5.1	5.6	10.6	9.3	53.6	5.2	5.2	10.2	10.3		
67	7/19/2012	5.4	5.6	14.5	13.8	39.2	6.5	6.5	12.6	12.3		
68	7/20/2012										Zero filter	
69	7/21/2012										Zero filter	
70	7/22/2012										Zero filter	
71	7/23/2012	8.1	6.3	13.0	12.6	56.5	6.4	6.5	11.0	11.3		
72	7/24/2012	17.1	16.6	24.5	22.7	71.5	12.9	12.9	20.3	20.5		
73	7/25/2012	27.6	28.0	39.0	37.6	72.6	26.4	26.3	37.8	37.0		
74	7/26/2012	26.0	26.1	35.7	35.1	73.7	28.5	28.2	38.6	37.9		
75	7/27/2012	22.3	22.7	31.6	31.4	71.4	23.0	22.5	32.5	31.6		
76	7/28/2012						18.6	18.2	24.3	23.8		
77	7/29/2012	4.9	4.7	9.9	8.7	51.7	4.2	4.2	7.7	7.8		
78	7/30/2012	5.8	6.1	12.3	12.8	47.4	5.0	5.0	9.1	9.0		
79	7/31/2012	8.0	7.9	14.4	14.6	55.0	6.4	6.5	11.1	11.3		
80	8/1/2012	10.2	10.4	16.5	17.1	61.3	8.2	8.1	15.4	15.0		
81	8/2/2012	6.4	6.7	13.2	13.4	49.2	5.3	5.3	11.3	11.4		
82	8/3/2012	6.7	7.0	14.4	15.5	45.9	6.6	6.6	12.2	12.3		
83	8/4/2012						7.6	7.6	10.9	10.8		
84	8/5/2012	4.2	5.4	8.4	8.9	54.9	4.9	4.9	8.0	7.8		
85	8/6/2012	4.0	4.0	8.1	9.6	44.9	3.6	3.6	7.4	7.1		
86	8/7/2012	6.8	5.5	13.5	12.8	46.8	5.3	5.3	10.3	10.2		
87	8/8/2012	10.4	9.0	16.2	16.6	59.2	8.7	8.6	12.8	12.7		
88	8/9/2012	7.7	7.6	12.3	12.7	61.1	8.1	8.0	11.7	11.6		
89	8/10/2012	8.6	8.7	13.3	14.3	62.7	6.9	6.9	10.6	10.6		
90	8/11/2012						6.0	5.9	8.9	8.7		

Annex 5 **Measured values from field test sites, related to actual conditions** **Page 4 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10 and PM2.5
Measured values in µg/m³ (ACT)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	Remark	Test site
91	8/12/2012	6.2	5.6	10.0	10.0	59.1	5.4	5.4	9.7	9.7		Cologne, summer
92	8/13/2012	9.7	9.2	15.4	16.8	58.6	8.2	8.2	15.0	14.8		
93	8/14/2012	10.3	10.1	17.2	16.6	60.4	8.9	8.8	14.6	14.3		
94	8/15/2012	10.1	10.4	19.5	20.0	51.7	9.8	9.7	20.2	19.4		
95	8/16/2012	7.6	7.9	18.0	19.5	41.5	6.7	6.6	12.8	12.4		
96	8/17/2012										Zero filter	
97	8/18/2012										Zero filter	
98	8/19/2012										Zero filter	
99	8/20/2012	17.1	17.9	28.6	29.0	60.8	15.8	15.3	26.9	25.6		
100	8/21/2012	18.3	19.8	29.3	29.3	65.1	19.3	18.7	29.6	28.3		
101	8/22/2012	8.7	9.9	20.7	19.9	45.7	8.9	8.9	17.5	17.1		
102	8/23/2012	7.6	8.3	14.5	13.8	56.1	5.9	5.8	11.7	11.3		
103	8/24/2012	9.0	10.3	15.2	15.0	64.0	8.8	8.6	13.8	13.1		
104	8/25/2012						3.2	3.1	6.3	6.0		
105	8/26/2012	6.6	7.3	12.0	11.1	60.0	7.6	7.4	10.3	10.1		
106	8/27/2012	5.4	6.5	10.7	10.7	55.2	5.0	4.9	8.7	8.5		
107	8/28/2012	8.2	7.9	14.7	16.9	50.9	6.5	6.4	12.9	12.3		
108	8/29/2012	8.4	8.9	16.5	16.5	52.5	6.9	6.8	13.7	13.6		
109	8/30/2012	5.6	6.1	14.2	14.4	40.8	6.6	6.5	12.3	12.0		
110	8/31/2012	4.4	5.0	10.7	10.9	43.4	5.7	5.6	9.9	9.8		
111	9/1/2012						8.7	8.4	12.6	12.0		
112	9/2/2012	10.3	11.9	18.7	17.9	60.7	9.3	9.1	13.6	13.0		
113	11/19/2012										Zero filter	Cologne, winter
114	11/20/2012										Zero filter	
115	11/21/2012											
116	11/22/2012						11.4	11.3	14.2	13.8		
117	11/23/2012	15.3	15.1	19.6	19.6	77.8	16.8	16.3	20.4	19.7		
118	11/24/2012						15.0	14.8	19.2	19.0		
119	11/25/2012	5.1	5.8	10.8	10.4	51.1	6.0	6.0	10.1	9.9		
120	11/26/2012	6.1	6.9	11.0	11.6	57.4	7.2	7.2	11.0	10.8		

Annex 5 **Measured values from field test sites, related to actual conditions** **Page 5 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10 and PM2.5
Measured values in µg/m³ (ACT)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	Remark	Test site
121	11/27/2012	10.9	11.5	18.5	17.6	62.0	11.2	11.2	15.8	15.8		Cologne, winter
122	11/28/2012	23.3	23.5	29.0	29.1	80.5	26.0	25.7	30.5	30.0		
123	11/29/2012	9.0	9.3	14.2	14.4	64.0	10.3	10.2	14.7	14.6		
124	11/30/2012	17.8	19.3	24.5	24.3	76.0	19.5	19.0	23.4	22.7		
125	12/1/2012						14.4	14.0	15.9	15.5		
126	12/2/2012	10.0	11.0	14.8	14.6	71.2	11.8	11.6	14.6	14.3		
127	12/3/2012	8.8	9.0	14.1	14.4	62.2	10.6	10.3	13.5	13.0		
128	12/4/2012	8.3	7.6	11.6	11.6	68.3	9.1		11.8		SN 0112 Fuse for heater burned	
129	12/5/2012	8.7	8.5	12.1	12.5	69.8		9.6		12.1	SN 0111 Fuse for heater burned	
130	12/6/2012	9.5	10.3	16.5	16.1	60.7	12.5	12.2	16.7	16.0		
131	12/7/2012	13.0	12.8	15.4	15.4	83.8	13.2	12.7	15.5	14.7		
132	12/8/2012						29.0		31.5		SN 0112 Fuse for heater burned	
133	12/9/2012	5.5	5.8	10.1	8.9	59.5	7.2		9.8		SN 0112 Fuse for heater burned	
134	12/10/2012	10.6	11.2	14.5	13.5	77.5	13.3	12.6	15.9	14.8		
135	12/11/2012	17.3	17.7	23.6	22.8	75.4	19.2	18.3	23.7	22.6		
136	12/12/2012	18.2	18.5	24.7	24.2	75.1	18.2	17.4	22.9	22.0		
137	12/13/2012	23.4	23.7	29.3	28.2	82.0	24.3	23.0	27.8	26.4		
138	12/14/2012	7.3	6.7	8.9	8.8	79.5	7.7	7.3	9.2	8.9		
139	12/15/2012						4.5	4.3	6.5	6.1		
140	12/16/2012	5.4	5.9	9.7	9.5	58.9	6.9	6.6	9.2	8.7		
141	12/17/2012	6.8	7.2	13.7	13.4	51.9	9.1	8.8	13.4	12.7		
142	12/18/2012	12.9	13.3	20.1	20.5	64.5	15.0	14.3	19.0	18.1		
143	12/19/2012	13.4	13.3	18.3	18.0	73.7	15.4	14.6	18.1	17.3		
144	12/20/2012	11.6	11.6	14.1	13.6	83.8	12.3	11.7	13.8	13.2		
145	12/21/2012	11.7	10.8	18.1	17.8	62.7	13.7	12.9	17.2	16.2		
146	12/22/2012						4.4	4.2	6.4	6.0		
147	12/23/2012						4.0	3.9	6.3	6.0		
148	12/24/2012						7.8	7.8	14.6	14.2		
149	12/25/2012						2.5	2.4	3.9	3.8		
150	12/26/2012						5.5	5.4	9.3	8.9		

Annex 5 **Measured values from field test sites, related to actual conditions** **Page 6 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10 and PM2.5
Measured values in µg/m³ (ACT)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	Remark	Test site
151	12/27/2012						12.3	12.1	16.3	16.1		Cologne, winter
152	12/28/2012						5.1	5.0	7.0	6.7		
153	12/29/2012						4.1	4.0	5.9	5.7		
154	12/30/2012						5.7	5.5	8.7	8.4		
155	12/31/2012										Power failure	
156	1/1/2013										Power failure	
157	1/2/2013	9.7	9.3	16.1	15.0	60.9	12.2	11.7	15.7	14.9		
158	1/3/2013	11.9	13.1	19.4	18.6	65.6	15.7	15.3	21.4	20.5		
159	1/4/2013	9.5	9.9	13.8	13.0	72.5	11.6	11.3	14.3	13.9		
160	1/5/2013						18.7	18.5	21.2	20.8		
161	1/6/2013	26.7	26.6	37.5	37.4	71.3	31.6	30.9	35.4	34.5		
162	1/7/2013	17.6	19.4	24.6	25.0	74.5	20.2	19.8	23.8	23.3		
163	1/8/2013	13.6	14.7	19.6	20.1	71.4	17.1	16.8	20.7	20.3		
164	1/9/2013	11.6	13.3	18.9	19.7	64.5	15.3	15.0	19.6	18.9		
165	1/10/2013	13.6	14.7	21.9	21.5	65.1	15.8	15.5	19.5	19.2		
166	1/11/2013										Zero filter	
167	1/12/2013										Zero filter	
168	1/13/2013										Zero filter	
169	1/14/2013	24.9	24.8	28.4	29.4	86.0	24.6	23.9	27.5	26.6		
170	1/15/2013	33.4	33.8	36.3	37.1	91.5	31.6	30.1	34.1	32.5		
171	1/16/2013	58.5	58.4	63.7	63.3	92.0	61.4	59.4	66.9	64.4		
172	1/17/2013	55.4	56.2	60.2	59.8	93.0	57.1	55.4	61.0	59.1		
173	1/18/2013	17.4	17.5	19.0	18.6	92.7	18.2	17.6	20.1	19.6		
174	1/19/2013	21.1	21.1	22.6	23.0	92.4	23.2	22.6	24.5	23.8		
175	1/20/2013	29.7	30.0	30.9	31.2	96.2	32.7	31.6	35.0	33.6		
176	1/21/2013	44.9	42.8	45.4	44.8	97.2	46.7	45.0	49.7	47.8		
177	1/22/2013	53.5	54.9	61.5	58.2	90.5	60.5	58.2	63.6	61.1	Outlier Ref. PM10 - not discarded	
178	1/23/2013	62.1	63.2	69.2	68.8	90.8	69.0	66.4	74.0	71.3		
179	1/24/2013	23.6	24.5	27.8	28.1	86.1	24.5	23.5	27.3	26.1		
180	1/25/2013	19.6	19.3	21.2	20.4	93.3	18.9	18.1	20.5	19.5		

Annex 5 **Measured values from field test sites, related to actual conditions** **Page 7 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10 and PM2.5
Measured values in µg/m³ (ACT)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	Remark	Test site
181	1/26/2013	26.6	25.9	28.3	28.4	92.5	26.3	25.1	27.8	26.5		Cologne, winter
182	1/27/2013	9.1	9.2	15.0	15.0	61.1	10.6	10.2	14.8	14.2		
183	1/28/2013	5.7	5.9	8.9	7.9	68.6	6.2	5.9	8.4	8.0		
184	1/29/2013	3.4	3.9	5.5	4.5	72.0	4.1	3.7	5.5	5.1		
185	1/30/2013	6.4	6.8	15.2	14.8	43.8	7.4	7.2	13.5	12.7		
186	1/31/2013	8.0	8.5	20.3	19.2	41.6	10.1	9.8	17.2	16.4		
187	2/1/2013	9.2	9.4	11.9	10.9	81.4	9.3	8.8	10.9	10.4		
188	2/2/2013						6.9	6.7	11.9	11.3		
189	2/3/2013						8.7	8.2	10.6	10.0		
190	2/4/2013						9.4	9.0	14.5	13.7		
191	2/5/2013										Zero filter	
192	2/6/2013										Zero filter	
193	2/27/2013										Zero filter	Bonn, winter
194	2/28/2013										Zero filter	
195	3/1/2013	24.9	23.0	36.3	36.7	65.6	29.4	29.4	38.5	38.1		
196	3/2/2013						34.3	34.1	43.3	42.7		
197	3/3/2013	22.1	23.2	29.3	29.8	76.6	24.7	24.5	28.6	28.4		
198	3/4/2013	19.6	20.5	28.2	28.7	70.2	21.6	21.6	29.6	29.5		
199	3/5/2013	28.4	27.7	40.2	39.9	70.1	31.0	30.9	41.6	41.1		
200	3/6/2013	25.8	24.5	39.3	39.7	63.8	26.5	26.2	39.6	38.9		
201	3/7/2013	28.0	28.3	39.5	39.5	71.2	30.9	30.1	40.9	40.0		
202	3/8/2013	28.8	27.0	35.4	34.8	79.5	32.4	31.4	39.4	38.5		
203	3/9/2013						12.1	11.8	15.6	15.1		
204	3/10/2013	21.8	22.0	23.1	22.3	96.5	25.6	25.0	26.7	26.0		
205	3/11/2013	27.6	28.1	31.2	30.3	90.6	31.5	30.7	34.1	33.4		
206	3/12/2013	15.6	15.6	17.8	17.7	87.9	16.1	15.3	19.4	18.5		
207	3/13/2013	36.7	36.7	50.8	50.0	72.9	33.4	32.5	45.9	44.5		
208	3/14/2013	19.6	19.2	27.5	27.6	70.3	19.2	18.7	29.6	28.8		
209	3/15/2013	22.0	21.5	31.7	31.7	68.7	21.8	21.4	32.2	31.5		
210	3/16/2013						14.4	14.2	25.2	25.1		

Annex 5 **Measured values from field test sites, related to actual conditions** **Page 8 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10 and PM2.5
Measured values in µg/m³ (ACT)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	Remark	Test site
211	3/17/2013	7.0	7.4	11.0	10.5	67.2	9.4	9.1	12.9	12.8		Bonn, winter
212	3/18/2013	7.7	8.2	17.4	17.2	45.9	9.0	8.7	17.4	16.7		
213	3/19/2013	9.5	9.9	17.1	16.8	57.5	11.0	10.5	17.2	16.1		
214	3/20/2013	21.3	20.9	25.2	24.5	84.7	23.4	22.1	25.7	24.3		
215	3/21/2013	37.5	36.6	46.3	45.9	80.5	39.0	37.4	45.9	44.0		
216	3/22/2013	21.4	21.6	26.0	26.3	82.2	25.5	24.5	30.4	29.0		
217	3/23/2013						25.3	24.4	28.3	27.5		
218	3/24/2013	15.1	15.9	19.7	18.8	80.6	17.5	16.8	20.8	20.0		
219	3/25/2013	20.1	20.6	26.0	25.6	78.9	23.2	22.3	29.2	28.1		
220	3/26/2013	15.7	15.3	21.1	20.4	74.7	16.9	16.2	22.9	22.1		
221	3/27/2013	26.6	25.9	33.3	32.8	79.5	27.5	26.3	34.6	32.9		
222	3/28/2013						51.4	48.7	59.1	55.8		
223	3/29/2013	71.1	69.8	76.5	76.3	92.2	74.6	70.3	78.0	73.4		
224	3/30/2013										Zero filter	
225	3/31/2013										Zero filter	
226	4/1/2013										Zero filter	
227	4/2/2013	20.2	20.2	24.7	25.2	81.0	23.4	22.0	28.0	26.6		
228	4/3/2013	27.2	26.5	31.4	30.8	86.3	31.0	29.0	35.3	33.2		
229	4/4/2013	29.5	29.1	33.5	33.2	88.0	35.8	36.2	39.6	40.2		
230	4/5/2013	25.8	25.4	30.8	30.0	84.1	29.7	30.0	34.1	34.6		
231	4/6/2013						25.8	26.0	30.2	30.3		
232	4/7/2013	23.0	22.8	30.9	30.2	74.9	25.5	25.7	32.7	32.5		
233	4/8/2013	26.3	25.1	31.7	31.7	81.0	29.3	29.4	35.2	35.5		
234	4/9/2013	16.5	16.5	21.6	21.0	77.4	18.1	18.0	21.3	21.2		
235	4/10/2013	12.2	12.2	17.9	17.8	68.4	12.3	12.1	16.7	16.2		
236	4/11/2013	9.4	8.8	15.9	15.7	57.4	7.5	7.4	13.6	13.2		
237	4/12/2013	6.2	6.3	10.4	10.4	60.4	5.1	4.9	9.5	8.8		
238	4/13/2013						6.5	6.4	10.9	10.4		
239	4/14/2013	7.2	6.9	11.9	11.1	61.4	5.2	5.2	9.2	9.1		
240	4/15/2013	18.5	16.8	31.2	30.2	57.3	18.1	17.6	28.7	27.6		

Annex 5 **Measured values from field test sites, related to actual conditions** **Page 9 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10 and PM2.5
Measured values in µg/m³ (ACT)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	Remark	Test site
241	4/16/2013	12.7	11.2	21.1	20.7	57.2	12.3	12.0	20.8	20.3		Bonn, winter
242	4/17/2013	9.9	9.8	19.5	19.7	50.2	8.0	8.0	19.1	18.6		
243	4/18/2013	9.4	8.7	21.4	21.5	42.2	8.3	8.3	20.7	20.3		
244	4/19/2013	10.3	10.3	21.0	20.8	49.4	11.7	11.5	20.6	19.8		
245	4/20/2013						13.5	13.3	20.8	20.1		
246	4/21/2013	24.4	23.0	36.7	37.6	63.8	23.4	22.9	33.4	32.5		
247	4/22/2013	31.0	29.4	44.7	43.9	68.3	32.7	31.7	47.2	45.3		
248	4/23/2013	11.0	10.4	18.2	18.8	57.6	9.8	9.4	19.5	18.6		
249	4/24/2013	14.3	12.7	24.2	24.4	55.6	13.3	12.8	25.3	24.6		
250	4/25/2013	13.8	12.1	23.3	23.6	55.3	11.9	11.5	24.7	23.8		
251	4/26/2013										Zero filter	
252	4/27/2013										Zero filter	
253	4/28/2013										Zero filter	
254	4/29/2013	14.3	12.9	20.6	21.4	64.9	12.7	12.1	20.5	19.3		
255	4/30/2013						16.0	15.2	24.5	23.1		
256	5/1/2013	16.9	18.2	21.4	22.2	80.7	19.5	18.1	23.8	21.9		
257	5/2/2013						20.0	18.6	27.7	25.7		
258	5/3/2013	23.2	23.4	33.7	34.4	68.5	27.6	25.8	38.5	35.7		
259	5/4/2013	20.2	19.7	30.1	30.6	65.7	21.9	20.5	31.6	29.5		
260	5/5/2013	9.6	9.3	14.0	14.8	65.4	7.9	7.4	13.2	12.3		
261	5/14/2013										Zero filter	Bornheim, summer
262	5/15/2013										Zero filter	
263	5/16/2013	21.0	20.7	24.5	24.7	84.6	18.8	18.7	22.6	22.5		
264	5/17/2013	16.1	15.5	18.3	19.4	83.8	15.3	15.1	17.3	17.1		
265	5/18/2013						9.5	9.7	12.3	12.3		
266	5/19/2013						18.9	18.8	22.6	22.2		
267	5/20/2013	11.3	10.3	13.9	14.7	75.2	11.2	11.0	14.3	13.9		
268	5/21/2013		5.4	8.3	8.8		4.9	4.9	8.2	8.2	Power failure Ref. PM2,5 Device#1	
269	5/22/2013						6.9	6.9	11.1	10.8		
270	5/23/2013						5.5	5.5	7.4	7.2		

Annex 5 **Measured values from field test sites, related to actual conditions** **Page 10 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10 and PM2.5
Measured values in µg/m³ (ACT)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	Remark	Test site
271	5/24/2013			10.1	10.7		5.9	5.8	8.6	8.3	Power failure Ref. PM2,5 Device#1	Bornheim, summer
272	5/25/2013						10.5	10.5	14.1	14.0		
273	5/26/2013		6.6	12.9	13.4		7.9	7.6	11.1	10.7	Power failure Ref. PM2,5 Device#1	
274	5/27/2013	11.7	11.0	16.9	17.6	65.7	10.6	10.5	16.4	16.0		
275	5/28/2013	8.7	7.7	12.8	12.2	65.8	6.8	6.7	11.7	11.4		
276	5/29/2013						4.1	3.9	6.1	5.6		
277	5/30/2013						9.1	8.7	11.1	10.5		
278	5/31/2013						16.7	15.6	22.9	21.5		
279	6/1/2013						15.7	14.9	19.3	18.3		
280	6/2/2013	5.3	5.0	10.8	10.7	47.7	4.9	4.8	8.9	8.7		
281	6/3/2013	8.0	7.0	14.5	14.5	51.5	8.0	7.8	13.5	12.9		
282	6/4/2013	9.5	9.5	18.2	18.4	51.9	11.6	11.0	17.9	16.8		
283	6/5/2013	9.1	9.3	17.2	18.8	51.2	9.8	9.3	19.0	17.6		
284	6/6/2013	10.8	10.2	17.0	17.5	60.8	8.5	8.0	16.9	15.8		
285	6/7/2013	17.0	16.1	28.6	29.9	56.6	15.6	14.8	30.6	29.1		
286	6/8/2013						17.6	16.5	25.3	23.7		
287	6/9/2013	14.0	13.6	20.1	21.3	66.9	16.6	15.2	20.7	19.1		
288	6/10/2013	16.1	15.4	26.1	27.1	59.1	19.6	18.2	27.0	24.7		
289	6/11/2013	13.0	12.2	20.8	20.7	60.7	18.2	19.4	25.2	26.3		
290	6/12/2013	7.1	6.4	14.6	14.0	47.4	7.4	7.8	17.3	17.4		
291	6/13/2013	5.6	5.4	13.4	12.7	42.1	5.1	5.3	14.5	14.1		
292	6/14/2013	5.0	5.7	10.8	10.8	49.3	4.4	4.7	8.4	8.7		
293	6/15/2013	5.1	5.3	10.6	10.2	50.0	4.3	4.5	8.7	8.7		
294	6/16/2013	7.3	7.6	16.7	16.6	44.8	7.0	7.4	11.9	11.9		
295	6/17/2013	12.2	13.3	21.3	20.9	60.3	10.1	10.5	19.0	18.8		
296	6/18/2013	17.8	17.3	28.6	29.1	60.9	18.7	19.0	31.5	30.8		
297	6/19/2013	31.9	32.7	48.7	48.5	66.5	36.2	35.9	51.4	49.7		
298	6/20/2013	8.7	10.1	15.5	14.9	62.1	12.8	12.6	19.7	18.7		
299	6/21/2013	4.2	4.5	7.2	6.8	62.2	3.7	3.8	7.5	7.1		
300	6/22/2013	3.3	4.1	5.7	5.9	63.8					Zero filter	

Annex 5 **Measured values from field test sites, related to actual conditions** **Page 11 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10 and PM2.5
Measured values in µg/m³ (ACT)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	SN 0111 PM10 [µg/m³]	SN 0112 PM10 [µg/m³]	Remark	Test site
301	6/23/2013	3.1	3.0	4.6	5.5	59.8					Zero filter	Bornheim, summer
302	6/24/2013	8.7	8.0	13.9	13.2	61.6	9.8	9.6	13.5	13.0		
303	6/25/2013	6.3	6.6	12.9	12.7	50.4	7.2	7.0	11.2	10.9		
304	6/26/2013	9.1	9.4	14.6	14.5	63.4	9.0	8.8	13.1	12.4		
305	6/27/2013	9.8	9.6	14.2	13.8	69.5	9.9	9.5	14.0	13.1		
306	6/28/2013	8.8	8.7	14.2	14.7	60.4	9.4	8.9	15.5	14.7		
307	6/29/2013	6.0	5.8	11.7	11.5	50.8	5.4	5.0	9.9	9.0		
308	6/30/2013	7.4	6.9	14.6	14.4	49.3	6.9	6.5	13.1	11.9		
309	7/1/2013	7.7	7.6	13.4	13.2	57.5	8.0	7.4	14.8	13.1		
310	7/2/2013	7.9	7.9	12.5	12.0	64.9	7.8	7.3	12.9	11.8		
311	7/3/2013	3.6	3.8	9.0	9.9	39.1	4.6	4.2	11.1	9.6		
312	7/4/2013	7.5	7.9	13.5	13.6	56.8	8.0	7.2	13.3	11.9		
313	7/5/2013	12.9	13.1	20.9	19.9	63.8	14.8	13.2	21.7	19.0		
314	7/6/2013	13.3	13.1	18.7	18.5	71.0	15.2	13.8	20.3	18.3		
315	7/7/2013	11.3	10.7	14.9	14.4	75.0	10.9	9.8	15.0	13.2		
316	7/8/2013	11.3	10.6	16.3	16.1	67.7	10.1	9.0	16.4	14.4		
317	7/9/2013	14.2	14.5	24.9	22.6	60.5	15.9	14.1	24.5	21.1		
318	7/10/2013	9.7	10.2	19.1	17.5	54.6	11.8	10.4	19.9	17.0		
319	7/11/2013	13.6	14.3	26.6	24.9	54.1	17.5	17.1	25.1	24.0		
320	7/12/2013	16.5	16.8				22.0	21.3	30.3	28.8	Outlier Ref. PM10	
321	7/13/2013	15.3	15.3	20.4	20.7	74.5	18.3	17.5	23.4	22.1		
322	7/14/2013	14.5	14.5	22.2	21.5	66.5	19.7	18.7	26.7	24.7		

Annex 5 **PM_{10}-measured values from field test sites, related to standard conditions [EN 12431]** **Page 12 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10
Measured values in µg/m³ (STD)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref 2. PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/Nm³]	SN 0112 PM10 [µg/Nm³]	Remark	Test site
1	5/14/2012	-	-			-	21.3	21.5		Cologne, summer
2	5/15/2012	-	-	12.1	10.5	-	10.9	10.9		
3	5/16/2012	-	-	14.1	13.5	-	12.4	12.2		
4	5/17/2012	-	-	13.1	12.3	-	11.7	11.7		
5	5/18/2012	-	-	15.3	12.5	-	14.7	14.8	Outlier Ref. PM2,5	
6	5/19/2012	-	-			-	14.6	14.6		
7	5/20/2012	-	-	20.7	18.4	-	20.7	20.8		
8	5/21/2012	-	-			-	48.0	47.9	Outlier Ref. PM10	
9	5/22/2012	-	-			-	80.9	79.6		
10	5/23/2012	-	-	48.2	46.4	-	45.6	45.0	Outlier Ref. PM2,5	
11	5/24/2012	-	-	21.2	18.3	-	23.8	24.2		
12	5/25/2012	-	-	17.8	15.9	-	18.6	18.5		
13	5/26/2012	-	-			-	20.2	20.5		
14	5/27/2012	-	-			-	15.8	16.1		
15	5/28/2012	-	-	22.2	21.5	-	24.7	24.9		
16	5/29/2012	-	-	28.8	27.2	-		28.8	SN 0111 accidentally switched off via remote control	
17	5/30/2012	-	-	37.2	34.9	-	34.5	35.4		
18	5/31/2012	-	-	23.9	22.7	-	24.6	24.3		
19	6/1/2012	-	-	17.5	16.1	-	16.8	16.9		
20	6/2/2012	-	-			-	14.7	15.0		
21	6/3/2012	-	-	17.6	17.0	-	17.9	17.9		
22	6/4/2012	-	-	12.1	11.8	-	11.9	12.0		
23	6/5/2012	-	-	15.0	14.0	-	12.2	12.3		
24	6/6/2012	-	-			-	10.9	10.9		
25	6/7/2012	-	-	9.2	7.6	-	9.9	10.0		
26	6/8/2012	-	-			-	8.9	8.9		
27	6/9/2012	-	-			-	9.4	9.4		
28	6/10/2012	-	-			-			Power failure	
29	6/11/2012	-	-	10.1	8.8	-	10.7	10.6		
30	6/12/2012	-	-	20.8	21.3	-	19.2	19.0		

Annex 5 **PM_{10}-measured values from field test sites, related to standard conditions [EN 12431]** **Page 13 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10
Measured values in µg/m³ (STD)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref 2. PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/Nm³]	SN 0112 PM10 [µg/Nm³]	Remark	Test site
31	6/13/2012	-	-	22.3	21.9	-	18.8	18.7		Cologne, summer
32	6/14/2012	-	-	24.3	22.8	-	21.1	21.1		
33	6/15/2012	-	-			-			Inlet -> Zero filter	
34	6/16/2012	-	-			-			Zero filter	
35	6/17/2012	-	-			-			Zero filter	
36	6/18/2012	-	-	18.3	16.9	-	16.6	16.6		
37	6/19/2012	-	-	31.1	30.8	-	29.1	28.5		
38	6/20/2012	-	-	20.2	19.7	-	20.3	19.8		
39	6/21/2012	-	-	10.3	9.4	-	10.9	10.8		
40	6/22/2012	-	-	14.2	14.3	-	12.3	12.3		
41	6/23/2012	-	-			-	11.2	11.3		
42	6/24/2012	-	-	9.4	11.5	-	9.6	9.5		
43	6/25/2012	-	-	16.0	17.5	-	15.7	15.2		
44	6/26/2012	-	-	0.0	21.2	-	17.7	17.6		
45	6/27/2012	-	-	19.0	20.2	-	19.9	19.0		
46	6/28/2012	-	-	19.4	18.9	-	22.6	22.3		
47	6/29/2012	-	-	24.7	25.4	-	28.7	27.9		
48	6/30/2012	-	-			-	19.1	18.7		
49	7/1/2012	-	-	13.1	12.9	-	11.7	11.4		
50	7/2/2012	-	-	12.2	13.1	-	11.6	11.3		
51	7/3/2012	-	-	18.5	16.4	-	14.6	14.8		
52	7/4/2012	-	-	17.3	18.4	-	17.5	17.2		
53	7/5/2012	-	-	14.5	15.2	-	15.9	15.5		
54	7/6/2012	-	-	11.7	11.3	-	10.6	10.6		
55	7/7/2012	-	-			-	8.7	8.6		
56	7/8/2012	-	-	6.9	7.2	-	6.8	6.8		
57	7/9/2012	-	-	13.4	13.1	-	13.1	13.0		
58	7/10/2012	-	-	13.7	12.4	-	13.3	13.3		
59	7/11/2012	-	-	7.4	8.6	-	7.1	7.1		
60	7/12/2012	-	-	8.8	7.5	-	7.7	7.7		

Annex 5 **PM_{10}-measured values from field test sites, related to standard conditions [EN 12431]** **Page 14 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10
Measured values in µg/m³ (STD)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref 2. PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/Nm³]	SN 0112 PM10 [µg/Nm³]	Remark	Test site
61	7/13/2012	-	-	7.1	7.0	-	6.8	6.9		Cologne, summer
62	7/14/2012	-	-			-	7.0	7.0		
63	7/15/2012	-	-	12.6	11.9	-	10.8	10.8		
64	7/16/2012	-	-	9.6	7.8	-	7.7	7.5		
65	7/17/2012	-	-	13.4	13.9	-	13.1	12.8		
66	7/18/2012	-	-	11.5	10.2	-	11.0	11.1		
67	7/19/2012	-	-	15.4	14.7	-	13.4	13.1		
68	7/20/2012	-	-			-			Zero filter	
69	7/21/2012	-	-			-			Zero filter	
70	7/22/2012	-	-			-			Zero filter	
71	7/23/2012	-	-	13.9	13.5	-	12.0	12.0		
72	7/24/2012	-	-	26.6	24.8	-	22.3	22.3		
73	7/25/2012	-	-	42.6	41.2	-	41.6	40.5		
74	7/26/2012	-	-	39.1	38.6	-	42.2	41.6		
75	7/27/2012	-	-			-	35.3	34.6		
76	7/28/2012	-	-			-	26.0	25.7		
77	7/29/2012	-	-	10.6	9.3	-	8.2	8.3		
78	7/30/2012	-	-	13.0	13.6	-	9.7	9.5		
79	7/31/2012	-	-	15.3	15.7	-	12.0	12.1		
80	8/1/2012	-	-	18.1	18.9	-	16.8	16.5		
81	8/2/2012	-	-	14.2	14.5	-	12.2	12.2		
82	8/3/2012	-	-			-	13.2	13.3		
83	8/4/2012	-	-			-	11.7	11.7		
84	8/5/2012	-	-	9.0	9.7	-	8.6	8.4		
85	8/6/2012	-	-	8.7	10.3	-	7.9	7.6		
86	8/7/2012	-	-	14.3	13.6	-	11.0	10.8		
87	8/8/2012	-	-	17.3	17.7	-	13.6	13.5		
88	8/9/2012	-	-	13.0	13.6	-	12.5	12.3		
89	8/10/2012	-	-			-	11.3	11.2		
90	8/11/2012	-	-			-	9.6	9.3		

Annex 5 **PM_{10}-measured values from field test sites, related to standard conditions [EN 12431]** **Page 15 of 22**

Manufacturer	PALAS
Type of instrument	FIDAS 200 S
Serial-No.	SN 0111 / SN 0112

PM10
Measured values in µg/m³ (STD)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref 2. PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/Nm³]	SN 0112 PM10 [µg/Nm³]	Remark	Test site
91	8/12/2012	-	-	10.8	10.9	-	10.5	10.4		Cologne, summer
92	8/13/2012	-	-	16.8	18.3	-	16.4	16.1		
93	8/14/2012	-	-	18.7	18.1	-	16.0	15.7		
94	8/15/2012	-	-	21.4	22.0	-	22.0	21.0		
95	8/16/2012	-	-	19.3	21.1	-	14.0	13.5		
96	8/17/2012	-	-			-			Zero filter	
97	8/18/2012	-	-			-			Zero filter	
98	8/19/2012	-	-			-			Zero filter	
99	8/20/2012	-	-	31.0	31.6	-	29.3	28.0		
100	8/21/2012	-	-	31.9	32.0	-	32.1	30.4		
101	8/22/2012	-	-	22.1	21.4	-	19.0	18.5		
102	8/23/2012	-	-	15.6	14.9	-	12.7	12.2		
103	8/24/2012	-	-	16.5	16.4	-	15.0	14.2		
104	8/25/2012	-	-			-	6.7	6.3		
105	8/26/2012	-	-	12.7	11.8	-	11.0	10.8		
106	8/27/2012	-	-	11.5	11.5	-	9.4	9.2		
107	8/28/2012	-	-	15.8	18.2	-	13.9	13.3		
108	8/29/2012	-	-	17.8	17.9	-	14.7	14.5		
109	8/30/2012	-	-	15.2	15.4	-	13.0	12.6		
110	8/31/2012	-	-	11.2	11.5	-	10.4	10.2		
111	9/1/2012	-	-			-	13.3	12.7		
112	9/2/2012	-	-	19.8	19.0	-	14.4	13.9		
113	11/19/2012	-	-			-			Zero filter	Cologne, winter
114	11/20/2012	-	-			-			Zero filter	
115	11/21/2012	-	-			-				
116	11/22/2012	-	-			-	14.6	14.3		
117	11/23/2012	-	-	20.2	20.3	-	21.1	20.3		
118	11/24/2012	-	-			-	20.2	20.0		
119	11/25/2012	-	-	11.2	10.9	-	10.5	10.4		
120	11/26/2012	-	-	11.5	12.2	-	11.6	11.3		

Annex 5 **PM_{10}-measured values from field test sites, related to standard conditions [EN 12431]** **Page 16 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10
Measured values in µg/m³ (STD)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref 2. PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/Nm³]	SN 0112 PM10 [µg/Nm³]	Remark	Test site
121	11/27/2012	-	-	19.2	18.4	-	16.5	16.4		Cologne, winter
122	11/28/2012	-	-	30.0	30.2	-	31.7	31.2		
123	11/29/2012	-	-	14.6	14.8	-	15.1	15.1		
124	11/30/2012	-	-	24.7	24.7	-	23.7	23.0		
125	12/1/2012	-	-			-	16.3	15.8		
126	12/2/2012	-	-	15.1	15.0	-	14.9	14.6		
127	12/3/2012	-	-	14.5	14.8	-	13.9	13.4		
128	12/4/2012	-	-	12.0	12.1	-	12.2		SN 0112 Fuse for heater burned	
129	12/5/2012	-	-	12.3	12.8	-		12.4	SN 0111 Fuse for heater burned	
130	12/6/2012	-	-	16.7	16.3	-	16.9	16.2		
131	12/7/2012	-	-	15.4	15.5	-	15.5	14.7		
132	12/8/2012	-	-			-	31.1		SN 0112 Fuse for heater burned	
133	12/9/2012	-	-	10.4	9.1	-	10.0		SN 0112 Fuse for heater burned	
134	12/10/2012	-	-	14.6	13.7	-	16.0	14.8		
135	12/11/2012	-	-	23.4	22.7	-	23.6	22.6		
136	12/12/2012	-	-	24.6	24.3	-	23.0	22.3		
137	12/13/2012	-	-	29.7	28.7	-	28.2	27.4		
138	12/14/2012	-	-	9.3	9.2	-	9.7	9.3		
139	12/15/2012	-	-			-	6.8	6.4		
140	12/16/2012	-	-	10.1	9.9	-	9.6	9.1		
141	12/17/2012	-	-	14.2	13.9	-	13.9	13.1		
142	12/18/2012	-	-	20.5	21.0	-	19.5	18.4		
143	12/19/2012	-	-	18.5	18.3	-	18.4	17.6		
144	12/20/2012	-	-	14.3	13.9	-	14.1	13.5		
145	12/21/2012	-	-	18.5	18.4	-	17.7	16.9		
146	12/22/2012	-	-			-	6.7	6.3		
147	12/23/2012	-	-			-	6.6	6.4		
148	12/24/2012	-	-			-	15.5	14.9		
149	12/25/2012	-	-			-	4.1	3.9		
150	12/26/2012	-	-			-	9.7	9.2		

Annex 5 **PM_{10}-measured values from field test sites, related to standard conditions [EN 12431]** **Page 17 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10
Measured values in µg/m³ (STD)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref 2. PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/Nm³]	SN 0112 PM10 [µg/Nm³]	Remark	Test site
151	12/27/2012	-	-			-	16.9	16.6		Cologne, winter
152	12/28/2012	-	-			-	7.2	7.0		
153	12/29/2012	-	-			-	6.1	5.9		
154	12/30/2012	-	-			-	9.0	8.7		
155	12/31/2012	-	-			-			Power failure	
156	1/1/2013	-	-			-			Power failure	
157	1/2/2013	-	-	16.4	15.3	-	16.0	15.2		
158	1/3/2013	-	-	19.8	19.1	-	21.9	20.9		
159	1/4/2013	-	-	14.0	13.3	-	14.6	14.2		
160	1/5/2013	-	-			-	21.7	21.2		
161	1/6/2013	-	-	38.2	38.4	-	36.4	35.3		
162	1/7/2013	-	-	25.0	25.7	-	24.5	23.9		
163	1/8/2013	-	-	20.0	20.6	-	21.4	20.8		
164	1/9/2013	-	-	19.2	20.2	-	20.1	19.4		
165	1/10/2013	-	-	22.3	22.0	-	20.1	19.6		
166	1/11/2013	-	-			-			Zero filter	
167	1/12/2013	-	-			-			Zero filter	
168	1/13/2013	-	-			-			Zero filter	
169	1/14/2013	-	-	28.4	29.5	-	27.6	26.7		
170	1/15/2013	-	-	36.5	37.6	-	34.5	32.7		
171	1/16/2013	-	-	63.6	63.6	-	66.9	64.4		
172	1/17/2013	-	-	59.9	59.9	-	60.9	59.4		
173	1/18/2013	-	-	19.2	18.9	-	20.4	20.0		
174	1/19/2013	-	-	22.9	23.4	-	24.9	24.2		
175	1/20/2013	-	-	31.5	32.0	-	35.7	34.2		
176	1/21/2013	-	-	45.8	45.8	-	50.8	48.7		
177	1/22/2013	-	-	62.3	59.3	-	64.7	61.9	Outlier Ref. PM10 - not discarded	
178	1/23/2013	-	-	69.6	69.6	-	75.1	71.8		
179	1/24/2013	-	-	27.7	28.1	-	27.3	26.1		
180	1/25/2013	-	-	21.1	20.5	-	20.5	19.6		

Annex 5 **PM_{10}-measured values from field test sites, related to standard conditions [EN 12431]** **Page 18 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10
Measured values in µg/m³ (STD)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref 2. PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/Nm³]	SN 0112 PM10 [µg/Nm³]	Remark	Test site
181	1/26/2013	-	-	28.5	28.7	-	28.0	26.7		Cologne, winter
182	1/27/2013	-	-	15.3	15.4	-	15.2	14.5		
183	1/28/2013	-	-	9.2	8.2	-	8.6	8.2		
184	1/29/2013	-	-	5.8	4.8	-	5.8	5.4		
185	1/30/2013	-	-	15.8	15.6	-	14.2	13.4		
186	1/31/2013	-	-	21.0	20.0	-	17.9	17.1		
187	2/1/2013	-	-	12.3	11.4	-	11.4	10.7		
188	2/2/2013	-	-			-	12.2	11.6		
189	2/3/2013	-	-			-	10.9	10.3		
190	2/4/2013	-	-			-	15.2	14.4		
191	2/5/2013	-	-			-			Zero filter	
192	2/6/2013	-	-			-			Zero filter	
193	2/27/2013	-	-			-			Zero filter	Bonn, winter
194	2/28/2013	-	-			-			Zero filter	
195	3/1/2013	-	-	36.6	37.1	-	38.9	38.5		
196	3/2/2013	-	-			-	43.7	43.1		
197	3/3/2013	-	-	29.5	30.2	-	28.9	28.7		
198	3/4/2013	-	-	28.9	29.7	-	30.5	30.4		
199	3/5/2013	-	-	41.8	41.8	-	43.4	42.9		
200	3/6/2013	-	-	41.5	42.3	-	42.1	41.4		
201	3/7/2013	-	-	41.9	42.3	-	43.7	42.8		
202	3/8/2013	-	-	37.8	37.4	-	42.3	41.3		
203	3/9/2013	-	-	0.0	0.0	-	16.6	16.1		
204	3/10/2013	-	-	23.6	22.9	-	27.4	26.7		
205	3/11/2013	-	-	31.5	30.8	-	34.5	33.8		
206	3/12/2013	-	-	17.9	17.9	-	19.5	18.6		
207	3/13/2013	-	-	51.3	50.9	-	46.4	44.9		
208	3/14/2013	-	-	27.5	27.9	-	29.7	28.9		
209	3/15/2013	-	-	32.0	32.3	-	32.7	32.0		
210	3/16/2013	-	-			-	26.1	25.9		

Annex 5 **PM_{10}-measured values from field test sites, related to standard conditions [EN 12431]** **Page 19 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10
Measured values in µg/m³ (STD)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref 2. PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/Nm³]	SN 0112 PM10 [µg/Nm³]	Remark	Test site
211	3/17/2013	-	-	11.4	11.0	-	13.5	13.3		Bonn, winter
212	3/18/2013	-	-	18.2	18.1	-	18.3	17.6		
213	3/19/2013	-	-	17.7	17.5	-	18.0	16.8		
214	3/20/2013	-	-	25.8	25.2	-	26.4	24.8		
215	3/21/2013	-	-	46.4	46.3	-	46.2	44.3		
216	3/22/2013	-	-	26.4	26.8	-	31.0	29.5		
217	3/23/2013	-	-			-	28.7	27.8		
218	3/24/2013	-	-	19.9	19.1	-	21.1	20.3		
219	3/25/2013	-	-	26.2	25.9	-	29.6	28.5		
220	3/26/2013	-	-	21.4	20.8	-	23.3	22.5		
221	3/27/2013	-	-	33.9	33.6	-	35.4	33.6		
222	3/28/2013	-	-			-	60.6	57.2		
223	3/29/2013	-	-	78.1	77.4	-	79.3	74.6		
224	3/30/2013	-	-			-			Zero filter	
225	3/31/2013	-	-			-			Zero filter	
226	4/1/2013	-	-			-			Zero filter	
227	4/2/2013	-	-	25.2	25.8	-	28.7	27.2		
228	4/3/2013	-	-	31.9	31.5	-	36.0	33.8		
229	4/4/2013	-	-	34.3	34.2	-	40.7	41.4		
230	4/5/2013	-	-	31.5	30.8	-	34.9	35.5		
231	4/6/2013	-	-			-	30.7	30.8		
232	4/7/2013	-	-	31.7	31.2	-	33.6	33.4		
233	4/8/2013	-	-	32.9	33.1	-	36.7	37.0		
234	4/9/2013	-	-	22.6	22.2	-	22.4	22.3		
235	4/10/2013	-	-	18.7	18.8	-	17.6	17.1		
236	4/11/2013	-	-	16.9	16.9	-	14.5	14.1		
237	4/12/2013	-	-	11.0	11.1	-	10.1	9.3		
238	4/13/2013	-	-			-	11.4	10.9		
239	4/14/2013	-	-	12.6	11.9	-	9.8	9.7		
240	4/15/2013	-	-	33.0	32.3	-	30.6	29.5		

Annex 5 **PM_{10}-measured values from field test sites, related to standard conditions [EN 12431]** **Page 20 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10
Measured values in µg/m³ (STD)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref 2. PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/Nm³]	SN 0112 PM10 [µg/Nm³]	Remark	Test site
241	4/16/2013	-	-	22.4	22.2	-	22.2	21.7		Bonn, winter
242	4/17/2013	-	-	20.9	21.2	-	20.5	20.0		
243	4/18/2013	-	-	22.6	22.9	-	22.0	21.5		
244	4/19/2013	-	-	21.7	21.7	-	21.4	20.5		
245	4/20/2013	-	-			-	21.5	20.8		
246	4/21/2013	-	-	38.2	39.4	-	34.9	34.0		
247	4/22/2013	-	-	46.8	46.4	-	49.7	47.7		
248	4/23/2013	-	-	19.0	19.8	-	20.5	19.5		
249	4/24/2013	-	-	25.7	26.0	-	26.9	26.1		
250	4/25/2013	-	-	24.9	25.4	-	26.6	25.6		
251	4/26/2013	-	-			-			Zero filter	
252	4/27/2013	-	-			-			Zero filter	
253	4/28/2013	-	-			-			Zero filter	
254	4/29/2013	-	-	21.5	22.6	-	21.4	20.2		
255	4/30/2013	-	-			-	25.6	24.1		
256	5/1/2013	-	-	22.4	23.4	-	25.1	23.1		
257	5/2/2013	-	-			-	29.4	27.4		
258	5/3/2013	-	-	35.6	36.7	-	41.0	38.0		
259	5/4/2013	-	-	31.7	32.5	-	33.5	31.3		
260	5/5/2013	-	-	14.8	15.7	-	14.0	13.0		
261	5/14/2013	-	-			-			Zero filter	Bornheim, summer
262	5/15/2013	-	-			-			Zero filter	
263	5/16/2013	-	-	26.2	26.6	-	24.2	24.1		
264	5/17/2013	-	-	19.3	20.5	-	18.2	18.0		
265	5/18/2013	-	-			-	13.0	13.0		
266	5/19/2013	-	-			-	24.4	23.9		
267	5/20/2013	-	-	14.6	15.6	-	15.1	14.6		
268	5/21/2013	-	-	8.7	9.4	-	8.6	8.7	Power failure Ref. PM2,5 Device#1	
269	5/22/2013	-	-			-	11.5	11.3		
270	5/23/2013	-	-			-	7.6	7.5		

Annex 5 **PM_{10}-measured values from field test sites, related to standard conditions [EN 12431]** **Page 21 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10
Measured values in µg/m³ (STD)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref 2. PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/Nm³]	SN 0112 PM10 [µg/Nm³]	Remark	Test site
271	5/24/2013	-	-	10.5	11.1	-	8.9	8.6	Power failure Ref. PM2,5 Device#1	Bornheim, summer
272	5/25/2013	-	-			-	14.8	14.7		
273	5/26/2013	-	-	13.4	14.0	-	11.6	11.2	Power failure Ref. PM2,5 Device#1	
274	5/27/2013	-	-	18.0	18.7	-	17.5	17.0		
275	5/28/2013	-	-	13.8	13.3	-	12.7	12.4		
276	5/29/2013	-	-			-	6.4	5.9		
277	5/30/2013	-	-			-	11.8	11.2		
278	5/31/2013	-	-			-	24.6	23.0		
279	6/1/2013	-	-			-	20.3	19.1		
280	6/2/2013	-	-	11.3	11.3	-	9.3	9.1		
281	6/3/2013	-	-	15.0	15.1	-	14.0	13.4		
282	6/4/2013	-	-	19.2	19.5	-	18.9	17.7		
283	6/5/2013	-	-	18.4	20.2	-	20.4	18.9		
284	6/6/2013	-	-	18.2	18.9	-	18.3	17.0		
285	6/7/2013	-	-	30.8	32.3	-	33.1	31.5		
286	6/8/2013	-	-			-	27.5	25.7		
287	6/9/2013	-	-	21.4	22.8	-	22.1	20.4		
288	6/10/2013	-	-	27.6	28.9	-	28.6	26.2		
289	6/11/2013	-	-	22.2	22.3	-	27.0	28.2		
290	6/12/2013	-	-	15.7	15.1	-	18.7	18.8		
291	6/13/2013	-	-	14.2	13.6	-	15.5	15.0		
292	6/14/2013	-	-	11.5	11.5	-	8.9	9.2		
293	6/15/2013	-	-	11.3	10.9	-	9.3	9.3		
294	6/16/2013	-	-	17.9	17.7	-	12.8	12.8		
295	6/17/2013	-	-	23.3	22.8	-	20.8	20.6		
296	6/18/2013	-	-	31.5	32.1	-	34.8	34.0		
297	6/19/2013	-	-	53.8	53.8	-	56.9	55.0		
298	6/20/2013	-	-	16.8	16.1	-	21.4	20.3		
299	6/21/2013	-	-	7.7	7.3	-	8.1	7.6		
300	6/22/2013	-	-	6.1	6.4	-			Zero filter	

Annex 5 **PM_{10}-measured values from field test sites, related to standard conditions [EN 12431]** **Page 22 of 22**

Manufacturer PALAS

Type of instrument FIDAS 200 S

Serial-No. SN 0111 / SN 0112

PM10
Measured values in µg/m³ (STD)

No.	Date	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref 2. PM10 [µg/Nm³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 0111 PM10 [µg/Nm³]	SN 0112 PM10 [µg/Nm³]	Remark	Test site
301	6/23/2013	-	-	4.9	5.8	-			Zero filter	Bornheim, summer
302	6/24/2013	-	-	14.6	13.9	-	14.3	13.7		
303	6/25/2013	-	-	13.5	13.2	-	11.7	11.3		
304	6/26/2013	-	-	15.3	15.2	-	13.6	12.9		
305	6/27/2013	-	-	14.9	14.5	-	14.7	13.8		
306	6/28/2013	-	-	15.0	15.6	-	16.3	15.5		
307	6/29/2013	-	-	12.3	12.2	-	10.5	9.5		
308	6/30/2013	-	-	15.5	15.4	-	13.9	12.7		
309	7/1/2013	-	-	14.3	14.2	-	15.9	14.0		
310	7/2/2013	-	-	13.6	13.0	-	14.0	12.9		
311	7/3/2013	-	-	9.7	10.6	-	11.9	10.3		
312	7/4/2013	-	-	14.4	14.6	-	14.2	12.7		
313	7/5/2013	-	-	22.2	21.2	-	23.1	20.2		
314	7/6/2013	-	-	20.0	19.9	-	21.7	19.6		
315	7/7/2013	-	-	16.0	15.5	-	16.1	14.2		
316	7/8/2013	-	-	17.6	17.3	-	17.7	15.5		
317	7/9/2013	-	-	26.9	24.5	-	26.5	22.9		
318	7/10/2013	-	-	20.4	18.8	-	21.3	18.2		
319	7/11/2013	-	-	28.1	26.3	-	26.5	25.3		
320	7/12/2013	-	-			-	32.1	30.5	Outlier Ref. PM10	
321	7/13/2013	-	-	21.7	22.0	-	24.9	23.5		
322	7/14/2013	-	-	23.7	23.0	-	28.5	26.4		

Annex 6 **Ambient conditions from field test sites** **Page 1 of 11**

No.	Date	Test site	Amb. temperature (AVG) [°C]	Amb. temperature (MAX) [°C]	Amb. pressure [hPa]	Rel. humidity [%]	Wind velocity [m/s]	Wind direction [°]	Precipitation [mm]
1	5/14/2012	Cologne, summer	15.4	22.1	1006	52.7	0.9	144	0.9
2	5/15/2012		9.2	15.7	1006	76.3	1.2	119	6.0
3	5/16/2012		8.9	14.6	1016	65.0	1.1	138	1.2
4	5/17/2012		14.4	18.8	1008	46.4	0.9	177	0.0
5	5/18/2012		15.4	20.0	1003	72.3	0.6	187	0.0
6	5/19/2012		19.3	24.9	1002	65.9	0.2	231	0.0
7	5/20/2012		19.5	27.8	997	70.6	0.2	148	0.3
8	5/21/2012		21.2	26.4	993	68.1	0.4	135	0.0
9	5/22/2012		21.5	27.6	1005	72.2	0.5	110	0.0
10	5/23/2012		20.3	26.0	1015	76.0	0.2	176	0.0
11	5/24/2012		23.2	31.5	1017	50.4	0.7	159	0.0
12	5/25/2012		21.2	28.6	1016	39.9	1.0	177	0.0
13	5/26/2012		21.3	28.1	1013	46.2	0.6	187	0.0
14	5/27/2012		21.4	28.1	1010	51.8	0.3	200	0.0
15	5/28/2012		21.7	27.8	1007	53.4	0.8	108	0.0
16	5/29/2012		20.4	25.4	1008	57.7	0.9	104	0.0
17	5/30/2012		19.8	24.7	1011	61.7	0.7	140	0.0
18	5/31/2012		17.1	24.4	1009	76.1	0.9	130	13.3
19	6/1/2012		15.0	18.4	1011	68.6	0.8	107	0.0
20	6/2/2012		15.2	20.2	1006	58.2	0.7	151	3.0
21	6/3/2012		11.9	15.2	1002	87.2	0.3	154	6.8
22	6/4/2012		12.2	20.2	1006	80.4	0.9	125	7.2
23	6/5/2012		14.2	19.0	1007	60.8	0.5	167	6.5
24	6/6/2012		16.0	20.0	1000	78.5	0.4	165	5.0
25	6/7/2012		19.7	24.5	996	69.4	1.1	178	0.3
26	6/8/2012		17.5	23.1	1003	58.9	2.7	189	0.3
27	6/9/2012		15.5	19.9	1006	57.5	1.6	166	0.0
28	6/10/2012		17.8	26.6	1000	56.8	0.3	184	0.0
29	6/11/2012		15.5	19.9	995	81.8	0.4	151	26.6
30	6/12/2012		16.4	21.1	1000	72.0	0.8	116	0.0

Annex 6 **Ambient conditions from field test sites** **Page 2 of 11**

No.	Date	Test site	Amb. temperature (AVG) [°C]	Amb. temperature (MAX) [°C]	Amb. pressure [hPa]	Rel. humidity [%]	Wind velocity [m/s]	Wind direction [°]	Precipitation [mm]
31	6/13/2012	Cologne, summer	13.9	15.4	1010	71.0	0.2	114	0.0
32	6/14/2012		16.4	20.9	1010	65.0	0.2	174	0.3
34	6/15/2012		17.8	21.8	1007	79.2	0.4	152	11.6
34	6/16/2012		15.7	18.1	1010	82.0	0.6	155	1.8
35	6/17/2012		18.4	24.1	1011	61.8	0.6	133	0.0
36	6/18/2012		18.9	24.9	1011	69.1	0.7	137	0.0
37	6/19/2012		18.6	21.4	1010	73.9	0.1	149	7.5
38	6/20/2012		18.6	23.0	1006	82.1	0.3	135	2.1
39	6/21/2012		19.0	24.6	1005	76.2	0.4	151	12.7
40	6/22/2012		17.0	21.9	1013	64.6	1.2	161	0.6
41	6/23/2012		18.6	23.4	1014	59.4	0.7	138	0.0
42	6/24/2012		15.7	20.0	1006	76.5	1.6	162	6.9
43	6/25/2012		15.5	19.9	1012	71.5	0.8	124	0.6
44	6/26/2012		19.1	24.2	1014	61.4	0.5	138	0.0
45	6/27/2012		20.3	23.2	1009	82.7	0.3	136	0.3
46	6/28/2012		24.9	32.0	1001	68.1	0.7	172	10.0
47	6/29/2012		19.7	27.4	1004	84.5	0.2	146	29.5
48	6/30/2012		21.2	26.0	1006	67.3	0.6	152	0.0
49	7/1/2012		17.3	23.2	1012	64.9	0.4	150	0.0
50	7/2/2012		17.5	21.9	1012	71.0	0.2	183	0.0
51	7/3/2012		22.2	27.7	1009	59.9	0.2	163	0.0
52	7/4/2012		24.0	28.8	1004	60.6	0.5	171	0.0
53	7/5/2012		23.6	30.6	1002	68.8	0.4	189	0.0
54	7/6/2012		21.0	27.2	1005	63.9	0.7	167	0.0
55	7/7/2012		20.6	25.9	1003	65.6	0.2	157	5.9
56	7/8/2012		18.8	22.6	1002	72.1	1.6	170	9.8
57	7/9/2012		19.8	25.2	1006	65.8	0.5	144	0.0
58	7/10/2012		18.4	24.8	1005	77.5	0.5	145	8.0
59	7/11/2012		16.1	21.6	1006	70.2	1.2	163	1.5
60	7/12/2012		17.2	22.2	1005	66.6	0.9	150	11.3

Annex 6 **Ambient conditions from field test sites** **Page 3 of 11**

No.	Date	Test site	Amb. temperature (AVG) [°C]	Amb. temperature (MAX) [°C]	Amb. pressure [hPa]	Rel. humidity [%]	Wind velocity [m/s]	Wind direction [°]	Precipitation [mm]
61	7/13/2012	Cologne, summer	16.0	22.7	996	83.8	0.8	133	implausible
62	7/14/2012		16.3	19.5	1001	74.9	1.4	110	3.0
63	7/15/2012		14.6	17.5	1011	81.4	0.9	106	9.8
64	7/16/2012		16.0	18.9	1014	77.8	1.8	130	implausible
65	7/17/2012		17.8	22.2	1014	79.3	1.3	108	implausible
66	7/18/2012		21.0	28.2	1003	60.9	1.9	128	implausible
67	7/19/2012		17.0	21.6	1005	73.5	1.6	114	implausible
68	7/20/2012		16.1	20.1	1010	80.0	0.2	117	8.6
69	7/21/2012		15.0	19.5	1017	69.3	0.4	175	0.0
70	7/22/2012		17.6	24.8	1021	62.3	0.1	202	0.0
71	7/23/2012		20.6	27.2	1016	56.2	0.6	161	0.0
72	7/24/2012		23.7	31.4	1009	60.7	0.2	166	0.0
73	7/25/2012		25.3	32.0	1008	59.5	0.1	124	0.0
74	7/26/2012		26.1	32.7	1008	59.4	0.4	138	0.0
75	7/27/2012		23.3	34.6	1002	76.6	0.4	151	12.4
76	7/28/2012		19.3	23.1	1002	83.5	0.1	137	15.4
77	7/29/2012		17.8	23.3	1008	64.0	0.9	143	6.5
78	7/30/2012		16.6	21.8	1011	69.1	0.5	144	1.2
79	7/31/2012		18.4	22.2	1010	67.4	0.2	171	0.0
80	8/1/2012		25.4	31.1	1003	57.8	0.9	182	0.0
81	8/2/2012		20.5	25.0	1008	69.7	0.4	143	0.0
82	8/3/2012		20.5	25.9	1008	67.8	0.3	161	1.8
83	8/4/2012		20.1	26.8	1005	74.3	0.3	162	3.6
84	8/5/2012		19.3	25.8	1002	81.7	0.5	159	8.9
85	8/6/2012		19.2	23.6	1008	64.4	1.8	149	0.0
86	8/7/2012		17.3	20.9	1015	66.3	0.6	137	0.0
87	8/8/2012		19.2	22.6	1017	72.0	0.3	118	0.0
88	8/9/2012		18.7	24.6	1018	65.8	0.6	136	0.0
89	8/10/2012		17.3	23.9	1018	64.3	0.5	150	0.0
90	8/11/2012		18.7	24.4	1012	61.4	0.4	174	0.0

Annex 6 **Ambient conditions from field test sites** **Page 4 of 11**

No.	Date	Test site	Amb. temperature (AVG) [°C]	Amb. temperature (MAX) [°C]	Amb. pressure [hPa]	Rel. humidity [%]	Wind velocity [m/s]	Wind direction [°]	Precipitation [mm]
91	8/12/2012	Cologne, summer	20.8	26.6	1007	53.4	0.8	170	0.0
92	8/13/2012		23.0	28.9	1006	57.3	0.4	188	0.0
93	8/14/2012		22.6	29.6	1006	69.6	0.3	156	1.5
94	8/15/2012		24.4	33.2	1005	62.6	0.8	148	8.0
95	8/16/2012		22.0	28.2	1012	58.4	0.5	149	0.0
96	8/17/2012		24.3	30.8	1012	55.0	0.5	169	implausible
97	8/18/2012		27.8	35.8	1010	53.2	0.7	170	0.0
98	8/19/2012		30.7	39.5	1008	53.8	0.7	149	0.0
99	8/20/2012		24.4	31.1	1012	70.9	0.2	154	1.2
100	8/21/2012		24.3	31.1	1008	64.2	0.3	123	0.6
101	8/22/2012		19.4	25.9	1010	60.8	0.5	139	0.0
102	8/23/2012		20.7	27.4	1004	53.8	0.4	158	3.0
103	8/24/2012		20.1	26.0	999	70.6	0.3	136	7.1
104	8/25/2012		20.5	25.7	1000	61.1	2.3	194	4.4
105	8/26/2012		15.7	18.5	1010	83.5	0.8	148	2.7
106	8/27/2012		20.3	26.0	1010	59.3	0.5	177	0.0
107	8/28/2012		21.0	26.8	1010	65.6	0.5	160	0.0
108	8/29/2012		22.3	29.9	1008	62.7	0.8	148	0.0
109	8/30/2012		18.7	23.4	1009	63.3	0.8	153	1.2
110	8/31/2012		No weather data available						
111	9/1/2012								
112	9/2/2012								
113	11/19/2012	Cologne, winter	No weather data available						
114	11/20/2012								
115	11/21/2012								
116	11/22/2012		8.2	13.4	1013	79.5	0.6	150	0.0
117	11/23/2012		8.5	9.6	1010	88.3	0.1	147	9.3
118	11/24/2012		11.6	14.7	1005	78.5	0.9	156	0.3
119	11/25/2012		8.8	13.7	1004	70.3	1.4	161	0.3
120	11/26/2012		8.9	9.8	997	83.3	0.3	150	5.9

Annex 6 **Ambient conditions from field test sites** **Page 5 of 11**

No.	Date	Test site	Amb. temperature (AVG) [°C]	Amb. temperature (MAX) [°C]	Amb. pressure [hPa]	Rel. humidity [%]	Wind velocity [m/s]	Wind direction [°]	Precipitation [mm]
121	11/27/2012	Cologne, winter	7.5	10.6	998	81.2	0.1	125	0.3
122	11/28/2012		6.0	7.4	997	81.3	1.8	84	0.0
123	11/29/2012		4.0	5.3	999	81.0	1.0	80	0.0
124	11/30/2012		1.6	4.7	1005	83.8	0.1	157	0.0
125	12/1/2012		2.9	5.8	1003	83.1	0.7	156	5.1
126	12/2/2012		3.9	5.3	1006	82.3	1.3	146	0.3
127	12/3/2012		3.7	5.8	997	87.7	0.5	158	7.2
128	12/4/2012		4.5	6.6	993	84.3	1.0	114	5.7
129	12/5/2012		2.1	4.2	999	85.7	0.8	120	4.2
130	12/6/2012		0.9	4.1	1005	79.9	0.7	151	0.0
131	12/7/2012		-2.6	0.0	1001	89.4	0.0	108	0.0
132	12/8/2012		-2.6	1.9	1016	86.2	0.0	125	0.9
134	12/9/2012		4.0	4.9	1002	87.0	1.8	149	16.1
134	12/10/2012		1.9	4.6	1010	81.4	2.6	78	1.8
135	12/11/2012		-0.2	1.4	1018	74.8	0.8	128	0.0
136	12/12/2012		-0.5	4.7	1010	71.4	0.5	136	0.0
137	12/13/2012		0.9	3.8	1000	75.6	0.5	148	0.0
138	12/14/2012		7.1	9.5	988	82.4	1.3	157	4.2
139	12/15/2012		8.7	12.1	995	78.6	1.2	173	4.7
140	12/16/2012		7.2	11.0	997	85.2	0.4	151	7.4
141	12/17/2012		7.2	10.1	999	85.4	0.1	141	3.0
142	12/18/2012		6.2	7.6	1011	88.1	0.0	145	0.9
143	12/19/2012		4.2	6.3	1014	85.6	0.3	154	0.0
144	12/20/2012		2.8	4.2	1003	85.8	1.4	150	7.2
145	12/21/2012		6.0	7.6	1007	91.2	0.0	153	2.1
146	12/22/2012		8.7	13.3	1001	89.0	1.0	148	25.7
147	12/23/2012		10.6	14.5	1001	87.5	0.8	139	8.4
148	12/24/2012		11.8	13.8	995	76.0	0.7	155	2.4
149	12/25/2012		9.4	11.8	996	77.1	2.1	162	4.2
150	12/26/2012		9.1	10.9	1000	76.1	2.3	165	4.2

Annex 6 **Ambient conditions from field test sites** **Page 6 of 11**

No.	Date	Test site	Amb. temperature (AVG) [°C]	Amb. temperature (MAX) [°C]	Amb. pressure [hPa]	Rel. humidity [%]	Wind velocity [m/s]	Wind direction [°]	Precipitation [mm]
151	12/27/2012	Cologne, winter	7.3	10.9	1004	86.2	0.5	129	9.8
152	12/28/2012		8.4	10.0	1015	85.1	0.5	157	1.8
153	12/29/2012		10.4	12.2	1005	72.7	2.2	168	0.3
154	12/30/2012		8.6	9.9	1009	72.5	2.6	171	3.3
155	12/31/2012		9.9	11.2	1000	71.3	3.3	177	2.1
156	1/1/2013		6.1	8.9	1006	82.0	0.7	143	3.0
157	1/2/2013		7.5	9.4	1020	79.6	0.8	155	1.8
158	1/3/2013		10.6	11.0	1026	88.3	0.6	126	2.4
159	1/4/2013		9.1	10.8	1027	89.3	0.7	120	0.9
160	1/5/2013		8.4	9.2	1025	86.1	0.3	126	0.0
161	1/6/2013		9.1	9.7	1022	86.6	0.4	115	0.0
162	1/7/2013		8.2	10.2	1020	80.0	0.3	143	0.0
163	1/8/2013		7.6	8.9	1017	78.6	0.3	141	0.0
164	1/9/2013		5.8	6.3	1010	87.0	0.2	136	6.3
165	1/10/2013		4.0	7.6	1006	80.2	0.7	129	2.4
166	1/11/2013		-1.4	2.3	1011	78.3	0.0	153	0.0
167	1/12/2013		-1.5	2.6	1010	70.1	0.1	141	0.0
168	1/13/2013		-0.6	2.7	1009	70.0	0.2	145	0.0
169	1/14/2013		-2.5	0.0	1003	77.5	0.6	140	0.0
170	1/15/2013		-1.5	-0.1	999	87.5	0.1	139	0.0
171	1/16/2013		-2.1	-1.3	1006	84.8	0.0	87	0.0
172	1/17/2013		-2.0	-1.2	1009	84.7	0.2	118	0.0
173	1/18/2013		-1.2	0.4	997	75.2	0.9	147	0.0
174	1/19/2013		-3.3	-1.4	990	73.9	0.7	147	0.0
175	1/20/2013		-0.9	-0.1	988	84.1	0.0	148	0.0
176	1/21/2013		-0.1	0.9	993	84.0	0.0	152	0.0
177	1/22/2013		0.2	1.3	999	80.4	0.0	149	0.0
178	1/23/2013		-0.5	1.8	1002	78.9	0.2	128	0.6
179	1/24/2013		-1.1	-0.3	1010	74.4	0.6	126	0.0
180	1/25/2013		-1.9	-0.7	1008	77.1	1.0	155	0.0

Annex 6 **Ambient conditions from field test sites** **Page 7 of 11**

No.	Date	Test site	Amb. temperature (AVG) [°C]	Amb. temperature (MAX) [°C]	Amb. pressure [hPa]	Rel. humidity [%]	Wind velocity [m/s]	Wind direction [°]	Precipitation [mm]
181	1/26/2013	Cologne, winter	-0.1	2.7	1004	81.5	0.9	148	0.6
182	1/27/2013		3.1	5.2	999	85.4	0.9	160	10.2
183	1/28/2013		6.9	10.2	1004	78.3	1.9	172	9.8
184	1/29/2013		11.9	15.0	1001	82.4	2.0	177	4.2
185	1/30/2013		10.9	15.8	1005	71.5	2.9	149	4.4
186	1/31/2013		8.6	10.1	1004	72.4	2.4	155	5.9
187	2/1/2013		5.0	7.5	990	88.1	0.9	127	11.7
188	2/2/2013		3.7	4.9	1006	78.8	1.8	94	0.9
189	2/3/2013		5.8	9.2	1006	82.0	2.0	144	3.0
190	2/4/2013		7.5	10.9	1000	76.2	1.9	149	3.3
191	2/5/2013		2.5	7.0	990	79.2	1.0	142	0.9
192	2/6/2013		2.4	3.6	997	84.5	0.9	112	5.4
193	2/27/2013	Bonn, winter	2.5	3.6	1021	78.9	0.9	185	0.0
194	2/28/2013		4.1	6.8	1017	71.8	1.2	250	0.0
195	3/1/2013		3.5	4.8	1016	72.0	1.7	249	0.0
196	3/2/2013		3.0	5.8	1015	67.4	1.2	238	0.0
197	3/3/2013		3.1	6.0	1014	72.8	0.5	196	0.0
198	3/4/2013		6.6	12.4	1007	57.8	1.4	140	0.0
199	3/5/2013		8.5	14.0	999	56.5	1.2	136	0.0
200	3/6/2013		11.5	18.7	993	48.5	0.4	143	0.0
201	3/7/2013		12.3	16.4	990	67.5	0.5	144	2.1
202	3/8/2013		13.7	18.3	990	72.1	1.4	138	1.5
203	3/9/2013		10.6	13.7	991	72.2	1.2	178	3.6
204	3/10/2013		1.6	5.7	993	81.8	3.6	273	2.4
205	3/11/2013		-1.4	0.4	996	78.7	1.9	241	0.0
206	3/12/2013		-3.4	-1.2	995	83.9	2.0	276	0.0
207	3/13/2013		-1.2	0.8	999	72.8	1.1	224	0.3
208	3/14/2013		-1.3	2.0	1004	75.3	1.1	209	2.1
209	3/15/2013		2.3	5.7	1006	58.8	1.0	132	2.1
210	3/16/2013		5.3	7.8	998	49.0	3.4	131	0.0

Annex 6 **Ambient conditions from field test sites** **Page 8 of 11**

No.	Date	Test site	Amb. temperature (AVG) [°C]	Amb. temperature (MAX) [°C]	Amb. pressure [hPa]	Rel. humidity [%]	Wind velocity [m/s]	Wind direction [°]	Precipitation [mm]
211	3/17/2013	Bonn, winter	4.7	6.1	988	78.3	2.2	131	0.9
212	3/18/2013		6.6	11.1	985	60.3	0.7	131	0.0
213	3/19/2013		5.8	10.0	991	74.5	0.6	157	1.2
214	3/20/2013		2.6	4.9	999	85.8	1.9	240	13.2
215	3/21/2013		0.6	3.3	1010	78.8	1.0	229	0.3
216	3/22/2013		2.9	7.3	1006	63.4	3.2	146	0.0
217	3/23/2013		1.1	3.4	1005	56.8	4.2	146	0.0
218	3/24/2013		1.0	4.7	1005	42.8	3.3	153	0.0
219	3/25/2013		0.9	4.6	1004	49.0	2.6	153	0.0
220	3/26/2013		1.6	6.1	1003	44.1	2.3	168	0.0
221	3/27/2013		2.6	6.4	1001	49.5	2.0	148	0.0
222	3/28/2013		3.0	6.7	999	58.9	1.2	243	0.0
223	3/29/2013		0.4	3.1	999	77.8	1.1	271	1.5
224	3/30/2013		1.8	4.4	1000	68.9	1.3	271	0.0
225	3/31/2013		1.7	4.0	1003	68.2	1.1	269	0.0
226	4/1/2013		3.2	7.3	1001	52.9	1.5	190	0.0
227	4/2/2013		3.6	8.5	1003	52.2	1.8	201	0.0
228	4/3/2013		3.0	6.6	1005	58.0	1.8	158	0.0
229	4/4/2013		4.4	8.7	1001	60.5	1.8	166	0.0
230	4/5/2013		3.8	4.7	1003	67.8	1.6	267	0.0
231	4/6/2013		3.6	6.2	1012	73.9	1.7	221	0.3
232	4/7/2013		6.4	11.4	1008	51.4	0.7	174	0.0
234	4/8/2013		7.0	11.5	996	63.9	1.4	130	0.9
234	4/9/2013		8.3	10.6	992	78.0	1.2	133	1.8
235	4/10/2013		9.7	13.2	996	77.3	1.4	154	6.0
236	4/11/2013		13.0	17.3	991	69.6	1.3	169	6.0
237	4/12/2013		12.2	16.8	997	69.0	1.1	154	4.4
238	4/13/2013		13.9	17.2	1011	56.8	1.4	152	0.6
239	4/14/2013		18.3	24.1	1011	57.0	1.5	136	0.0
240	4/15/2013		17.5	23.1	1011	67.0	1.5	214	2.7

Annex 6 **Ambient conditions from field test sites** **Page 9 of 11**

No.	Date	Test site	Amb. temperature (AVG) [°C]	Amb. temperature (MAX) [°C]	Amb. pressure [hPa]	Rel. humidity [%]	Wind velocity [m/s]	Wind direction [°]	Precipitation [mm]
241	4/16/2013	Bonn, winter	18.4	22.8	1011	54.4	0.9	149	0.0
242	4/17/2013		18.7	25.0	1009	54.3	0.6	141	0.0
243	4/18/2013		15.6	19.8	1009	46.2	3.1	210	0.0
244	4/19/2013		11.4	14.7	1017	57.7	3.5	260	0.0
245	4/20/2013		10.3	13.9	1018	51.5	3.3	274	0.0
246	4/21/2013		11.1	13.1	1009	57.4	1.1	253	0.0
247	4/22/2013		13.2	17.4	1009	46.5	1.4	217	0.0
248	4/23/2013		13.7	18.9	1014	63.6	1.7	187	0.0
249	4/24/2013		17.9	24.6	1016	56.5	1.0	167	0.0
250	4/25/2013		20.0	26.6	1010	51.5	0.4	146	0.0
251	4/26/2013		11.9	20.3	1000	77.3	2.2	230	9.9
252	4/27/2013		7.8	9.8	1003	70.3	3.2	293	0.0
253	4/28/2013		9.2	12.2	1007	68.3	0.7	169	0.0
254	4/29/2013		12.0	16.9	1010	56.1	1.9	209	0.0
255	4/30/2013		11.8	15.1	1014	57.9	1.0	214	0.0
256	5/1/2013		14.6	18.3	1011	62.8	0.9	173	0.3
257	5/2/2013		16.5	21.6	1009	60.4	1.1	200	0.0
258	5/3/2013		16.0	20.6	1007	60.0	1.5	253	0.0
259	5/4/2013		15.7	21.0	1011	54.5	2.4	238	0.0
260	5/5/2013		16.4	22.1	1013	55.9	1.3	190	0.0
261	5/14/2013	Bornheim, summer	No weather data available						
262	5/15/2013								
263	5/16/2013		12.6	16.7	989	85.5	0.7	263	8.6
264	5/17/2013		10.0	10.6	995	89.1	0.8	265	2.4
265	5/18/2013		12.0	17.8	1000	77.7	0.4	216	0.0
266	5/19/2013		16.7	22.4	998	66.5	2.7	273	7.4
267	5/20/2013		11.9	15.0	1000	83,,1	0.3	175	6.2
268	5/21/2013		12.9	18.2	1001	78.8	1.8	239	13.1
269	5/22/2013		8.8	11.1	1004	82.4	2.4	258	7.4
270	5/23/2013		6.4	10.6	1000	81.9	1.8	255	2.4

Annex 6 **Ambient conditions from field test sites** **Page 10 of 11**

No.	Date	Test site	Amb. temperature (AVG) [°C]	Amb. temperature (MAX) [°C]	Amb. pressure [hPa]	Rel. humidity [%]	Wind velocity [m/s]	Wind direction [°]	Precipitation [mm]
271	5/24/2013	Bornheim, summer	8.3	14.6	1003	69.9	0.7	192	0.9
272	5/25/2013		10.5	15.0	1005	70.9	2.8	270	3.0
273	5/26/2013		9.8	11.8	1002	79.9	3.2	271	5.7
274	5/27/2013		14.0	20.5	1000	61.4	1.6	244	0.0
275	5/28/2013		17.2	23.9	993	60.4	2.0	179	1.2
276	5/29/2013		9.7	11.1	995	88.4	0.6	207	15.0
277	5/30/2013		13.5	16.6	999	69.6	1.7	237	2.4
278	5/31/2013		16.1	22.0	1001	73.0	4.7	299	0.9
279	6/1/2013		11.9	14.7	1009	79.4	4.4	290	0.3
280	6/2/2013		13.3	18.6	1016	57.6	4.0	288	0.0
281	6/3/2013		12.9	17.9	1017	61.6	3.6	269	0.0
282	6/4/2013		15.6	21.6	1012	64.5	1.7	237	0.0
283	6/5/2013		19.9	26.6	1009	54.2	0.6	197	0.0
284	6/6/2013		20.9	28.3	1010	52.6	0.8	168	0.0
285	6/7/2013		21.7	29.1	1010	55.5	1.0	211	0.0
286	6/8/2013		21.1	26.8	1005	62.3	2.1	243	0.0
287	6/9/2013		15.6	19.2	1001	78.7	1.8	273	4.5
288	6/10/2013		14.4	18.1	1005	75.9	1.2	253	0.6
289	6/11/2013		18.8	23.8	1008	61.5	0.6	198	0.0
290	6/12/2013		21.1	23.7	1008	67.1	1.0	181	0.0
291	6/13/2013		17.0	27.6	1007	77.9	1.3	209	22.5
292	6/14/2013		16.1	21.2	1009	65.4	0.6	181	0.0
293	6/15/2013		17.2	22.6	1005	63.1	1.4	209	0.0
294	6/16/2013		17.7	23.7	1007	63.9	0.7	226	0.0
295	6/17/2013		23.3	29.7	1004	64.7	0.9	185	0.0
296	6/18/2013		27.2	34.8	1005	61.3	0.4	178	0.0
297	6/19/2013		26.9	35.0	1003	67.8	1.9	244	0.0
298	6/20/2013		20.5	25.1	1003	78.5	1.0	187	34.6
299	6/21/2013		19.0	23.4	1005	69.8	1.6	196	0.3
300	6/22/2013		19.0	23.7	1004	67.8	1.8	198	1.5

Annex 6 **Ambient conditions from field test sites** **Page 11 of 11**

No.	Date	Test site	Amb. temperature (AVG) [°C]	Amb. temperature (MAX) [°C]	Amb. pressure [hPa]	Rel. humidity [%]	Wind velocity [m/s]	Wind direction [°]	Precipitation [mm]
301	6/23/2013	Bornheim, summer	16.2	19.2	1005	69.9	1.6	216	0.9
302	6/24/2013		14.2	17.4	1013	76.9	1.8	255	1.5
303	6/25/2013		13.4	16.8	1018	71.1	1.8	259	0.3
304	6/26/2013		13.9	16.7	1018	70.9	1.1	250	9.8
305	6/27/2013		13.2	17.1	1014	78.5	0.7	230	3.9
306	6/28/2013		14.1	16.7	1010	86.1	0.3	174	16.4
307	6/29/2013		14.8	18.8	1012	73.9	2.6	269	1.8
308	6/30/2013		17.7	22.4	1012	66.4	0.6	198	0.0
309	7/1/2013		18.8	25.4	1008	74.9	0.7	215	21.0
310	7/2/2013		21.6	27.1	1003	62.7	0.6	183	0.3
311	7/3/2013		17.5	20.1	1004	85.6	0.2	213	16.0
312	7/4/2013		20.0	24.7	1014	71.1	0.9	232	0.0
313	7/5/2013		19.8	24.8	1020	74.4	0.3	222	0.0
314	7/6/2013		22.4	29.3	1020	65.4	1.0	191	0.0
315	7/7/2013		23.1	29.7	1020	58.8	1.2	218	0.0
316	7/8/2013		23.0	29.8	1019	59.6	1.4	214	0.0
317	7/9/2013		23.4	29.9	1014	59.4	1.4	237	0.0
318	7/10/2013		19.5	24.2	1012	62.6	3.5	261	0.0
319	7/11/2013		15.7	19.7	1013	70.1	1.7	215	0.0
320	7/12/2013		16.5	21.9	1013	70.8	1.2	250	0.0
321	7/13/2013		17.7	22.9	1014	68.3	1.1	241	0.0
322	7/14/2013		18.9	24.2	1014	69.1	1.7	249	0.0

Appendix 2

Filter weighing procedure

A.1 Carrying out the weighing

All weighings are done in an air-conditioned weighing room. Ambient conditions are 20 °C ±1 °C and 50 % ±5 % relative humidity, which conforms to the requirements of Standard EN 14907.

The filters used in the field test are weighed manually. In order to condition the filters (including control filters), they are placed on sieves to avoid overlap.
The specifications for pre- and post-weighing are specified beforehand and conform to the Standard.

Before sampling = pre-weighing	After sampling = post-weighing
Conditioning 48 h + 2 h	Conditioning 48 h + 2 h
Filter weighing	Filter weighing
Re-conditioning 24 h +2 h	Re-conditioning 24 h + 2 h
Filter weighing and immediate packaging	Filter weighing

The balance is always ready for use. An internal calibration process is started prior to each weighing series. The standard weight of 200 mg is weighed as reference and the boundary conditions are noted down if nothing out of the ordinary results from the calibration process. Deviations of prior weighings conform to the Standard and do not exceed 20 µg (refer to Figure 97). All six control filters are weighed afterwards and a warning is displayed for control filters with deviations > 40 µg during evaluation. These control filters are not used for post-weighing. Instead, the first three acceptable control filters are used while the others remain in the protective jar in order to replace a defective or deviating filter, if necessary. Figure 98 shows an exemplary process over a period of more than four months.

All filters which display a difference of more than 40 µg between the first and second weighing are excluded from the pre-weighing process. Filters exhibiting deviations of more than 60 µg are not considered for evaluation after post-weighing, as conforming to standards.

Weighed filters are packed in separate polystyrene jars for transport and storage. These jars remain closed until the filter is inserted. Virgin filters can be stored in the weighing room for up to 28 days before sampling. Another pre-weighing is carried out if this period is exceeded.

Sampled filters can be stored for up to 15 days at a temperature of 23 °C or less. The filters are stored at 7 °C in a refrigerator.

A2 Filter evaluation

The filters are evaluated with the help of a corrective term in order to minimise relative mass changes caused by the weighing room conditions.

Equation:

$$Dust = MF_{post} - (M_{Tara} \times (MKon_{post} / MKon_{pre})) \qquad (F1)$$

$MKon_{pre}$ = mean mass of the 3 control filters after 48 h and 72 h pre-weighing

$MKon_{post}$ = mean mass of the 3 control filters after 48 h and 72 h post-weighing

M_{Tara} = mean mass of the filter after 48 h and 72 h pre-weighing

MF_{post} = mean mass of the loaded filter after 48 h and 72 h post-weighing

Dust = corrected dust mass of the filter

This shows that the method becomes independent from weighing room conditions due to the corrective calculation. Influence due to the water content of the filter mass between virgin and loaded filter can be controlled and do not change the dust content of sampled filters. Hence, point 9.3.2.5 of EN 14907 is fulfilled.

The example of the standard weight between November 2008 and February 2009 shows that the permissible difference of max. 20 µg from the previous measurement is not exceeded.

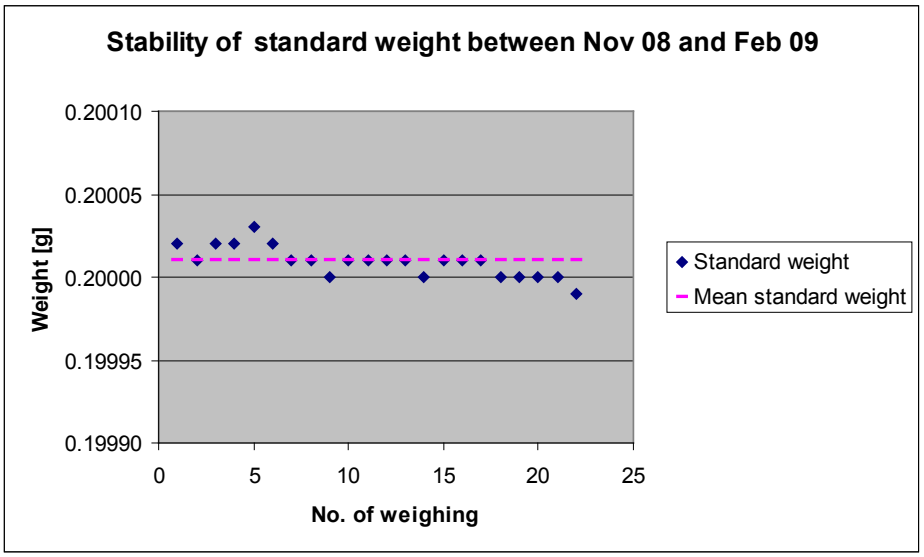


Figure 97: Stability of standard weight

Table 48: Stability of standard weight

Date	Weighing No.	Standard weight	Difference to the previous weighing
		g	µg
12.11.2008	1	0.20002	
13.11.2008	2	0.20001	-10
10.12.2008	3	0.20002	10
11.12.2008	4	0.20002	0
17.12.2008	5	0.20003	10
18.12.2008	6	0.20002	-10
07.01.2009	7	0.20001	-10
08.01.2009	8	0.20001	0
14.01.2009	9	0.20000	-10
15.01.2009	10	0.20001	10
21.01.2009	11	0.20001	0
22.01.2009	12	0.20001	0
29.01.2009	13	0.20001	0
30.01.2009	14	0.20000	-10
04.02.2008	15	0.20001	10
05.02.2009	16	0.20001	0
11.02.2009	17	0.20001	0
12.02.2009	18	0.20000	-10
18.02.2009	19	0.20000	0
19.02.2009	20	0.20000	0
26.02.2009	21	0.20000	0
27.02.2009	22	0.19999	-10

Marked in yellow = average value

Marked in green = lowest value

Marked in blue = highest value

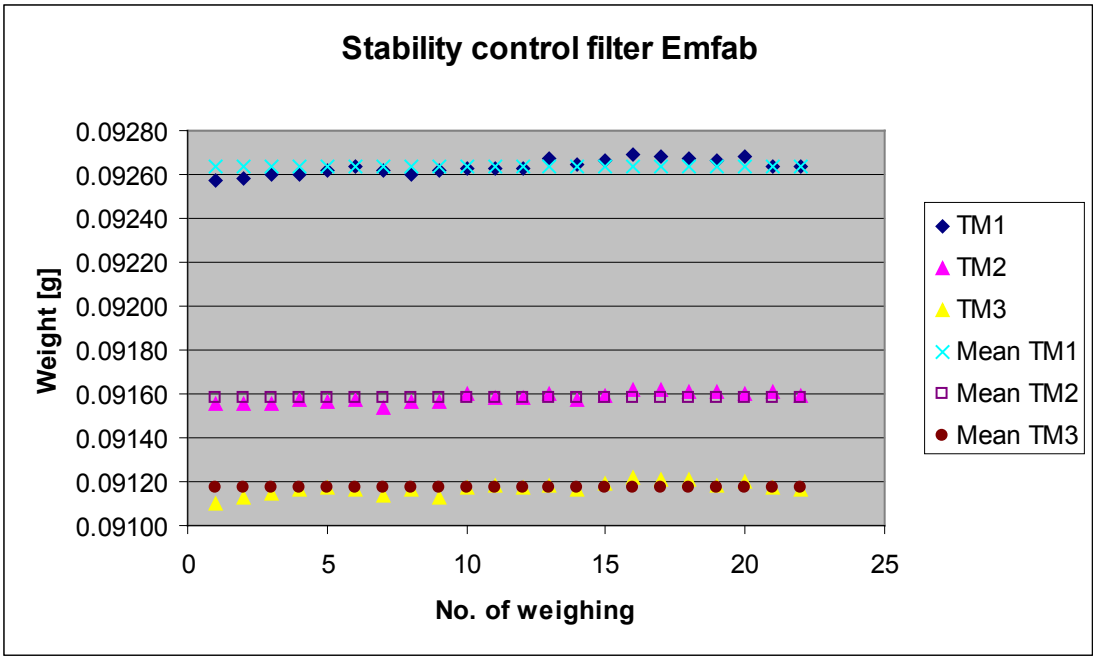


Figure 98: Stability of the control filters

Table 49: Stability of the control filters

	Control filter no.		
Weighing no.	TM1	TM2	TM3
1	0.09257	0.09155	0.09110
2	0.09258	0.09155	0.09113
3	0.09260	0.09155	0.09115
4	0.09260	0.09157	0.09116
5	0.09262	0.09156	0.09117
6	0.09264	0.09157	0.09116
7	0.09262	0.09154	0.09114
8	0.09260	0.09156	0.09116
9	0.09262	0.09156	0.09113
10	0.09263	0.09160	0.09117
11	0.09263	0.09158	0.09118
12	0.09263	0.09158	0.09117
13	0.09267	0.09160	0.09118
14	0.09265	0.09157	0.09116
15	0.09266	0.09159	0.09119
16	0.09269	0.09162	0.09122
17	0.09268	0.09162	0.09121
18	0.09267	0.09161	0.09121
19	0.09266	0.09161	0.09118
20	0.09268	0.09160	0.09120
21	0.09264	0.09161	0.09117
22	0.09264	0.09159	0.09116
Mean value	0.09264	0.09158	0.09117
Standard deviation.	3.2911E-05	2.4937E-05	2.8558E-05
Rel. standard deviation.	0.036	0.027	0.031
Median	0.09264	0.09158	0.09117
Lowest value	0.09257	0.09154	0.09110
Highest value	0.09269	0.09162	0.09122

Marked in yellow = average value

Marked in green = lowest value

Marked in blue = highest value

Appendix 3

Manuals

PALAS GmbH
Partikel- und Lasermesstechnik
Greschbachstrasse 3b
76229 Karlsruhe

Phone +49 (0)721 96213-0
Fax +49 (0)721 96213-33
mail@palas.de
www.palas.de

Bedienungsanleitung

Feinstaubmonitorsystem

Fidas®

Fidas® 100
Fidas® 200/200 S
Fidas® 300/300 S

Modell 100/200/300

Modell 200 S/300 S

PALASCOUNTS

INHALTSVERZEICHNIS:

1 INSTALLATION UND ERSTE INBETRIEBNAHME 5

1.1 Überprüfen der Netzspannung 5
1.2 Überprüfen der Vollständigkeit der Lieferung 5
1.3 Geräteübersicht 8
1.3.1 Vorderansicht der Fidas® Steuereinheit 8
1.3.2 Rückansicht der Fidas® Steuereinheit 9
1.3.3 Anschlüsse auf der Rückseite der Steuereinheit 10
1.4 Erste Messung 11

2 FIDAS 200 S / FIDAS 300 S – EINBAU DER KOMPONENTEN IN DAS IP-65 WETTERSCHUTZGEHÄUSE 13

2.1 Anbringen der Wetterstation 13
2.2 Anbringen der Antenne 15
2.3 Anbringen des Probenahmerohres 15
2.4 Einschub der Fidas® Steuereinheit 16
2.5 Anbringen des Sigma-2 Probenahmekopfes 20
2.6 Abschließende Handgriffe 20

3 WARTUNG 22

3.1 Kalibrierung/Verifizierung des Fidas® 24
3.1.1 Automatischer Offsetabgleich 24
3.1.2 Prüfen der Dichtigkeit des Gesamtsystems 24
3.1.3 Abgleich der Empfindlichkeit des Partikelsensors 24
3.1.4 Prüfen des Partikelstroms im Partikelsensor 25
3.1.5 Prüfen des Volumenstroms 25
3.2 Ausbau des gravimetrischen Filters/Filterwechsel 28
3.3 Reinigung des optischen Sensors 29
3.3.1 Für Fidas® 200/200 S und Fidas® 300/300 S Systeme 29
3.3.2 Für alle Fidas® Systeme 29
3.4 Reinigung des Absaugfilters der internen Pumpe 31
3.5 Reinigung des Sigma-2 Kopfes 31

4 PARTIKELMESSUNG MIT DEM FIDAS® SYSTEM 32

4.1 Das Fidas® System zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus 34
4.2 Schematischer Aufbau des Fidas® 200 S Messsystems 35
4.3 Überblick über die einzelnen Messschritte 35
4.4 Weitere Vorteile 38
4.5 Begriffliche Definitionen 40
4.6 Auswirkungen der Gerätekenngrößen 40

5 SICHERSTELLEN KORREKTER MESSBEDINGUNGEN 42

6 TECHNISCHE DATEN FIDAS® SYSTEM: 43

7 ANHÄNGE: 44

7.1 IP 65-Wetterschutzgehäuse für Fidas® Systeme: 44
7.2 Feuchtekompensationsmodul IADS 45
7.3 Sigma-2 Probenahmekopf 46

7.4 Kompakte Wetterstation WS600-UMB 46
7.4.1 Technische Daten der WS600-UMB 48
8 FEEDBACK-FORMULAR 49

WICHTIGE HINWEISE !!!

- Bitte überprüfen Sie sofort nach dem Auspacken, ob das Gerät äußerlich erkennbare Transportschäden aufweist. Sind Beschädigungen zu erkennen, darf das Gerät aus Sicherheitsgründen auf keinen Fall in Betrieb genommen werden. Bitte halten Sie in diesem Fall Rücksprache mit dem Hersteller.

- Nehmen Sie Fidas® erst nach gründlichem Studium der Bedienungsanleitung in Betrieb!!

- Der Hersteller haftet nicht für Schäden, die durch unsachgemäße Inbetriebnahme, Anwendung, Reinigung, Bedienungsfehler oder die Messung an Aerosolen entstehen, für deren Gaszustand und -zusammensetzung das Gerät nicht spezifiziert ist.

- Das Gerät darf nur unter atmosphärischem Umgebungsdruck und bei Temperaturen von -20°C bis +50°C betrieben werden.
  Für den Betrieb unter anderen Umgebungsbedingungen wie z.B. in korrosiven oder explosiven Umgebungen, in starken elektrischen oder elektromagnetischen Feldern, in Bereichen mit ionisierender Strahlung sowie in Bereichen mit Schock- und Vibrationsbelastung wird vom Hersteller keine Funktionsgarantie übernommen.

- **Zum Ausschalten der Fidas® Steuereinheit muss der Button "shut down" betätigt werden, Fidas® schaltet sich dann automatisch aus. Erst wenn das Betriebssystem heruntergefahren ist, darf der Netzschalter betätigt werden!**

- Fidas® ist vom Hersteller für die bei der Bestellung angegebene Netzspannung fest eingestellt worden. Bitte überprüfen Sie, ob die auf dem Typenschild angegebene Netzspannung mit der Netzspannung am vorgesehenen Einsatzort übereinstimmt.

- Nur Originalersatzteile verwenden! Bitte setzen Sie sich bei Bedarf mit dem Hersteller in Verbindung.

- Das Messverfahren des Fidas® Systems ist nicht gravimetrisch, sondern eine Äquivalenzmethode. Daher kann eine exakte Übereinstimmung zur Gravimetrie nicht in jedem Falle garantiert werden.

- Die Messeinrichtungist mit dem gravimetrischen PM_{10}-Referenzverfahren nach DIN EN 12341 regelmäßig am Standort zu kalibrieren.

- Die Messeinrichtung ist mit dem gravimetrischen $PM_{2,5}$-Referenzverfahren nach DIN EN 14907 regelmäßig am Standort zu kalibrieren.

- **Achtung:** Aerosole können je nach Art gesundheitsschädlich sein. Deshalb sollten sie nicht eingeatmet werden. Bei gefährlichen Stoffen ist außerdem auf entsprechende Schutzkleidung (Atemschutzmaske) zu achten. Bitte beachten Sie die entsprechenden Richtlinien und Unfallverhütungsvorschriften.

- Allgemeine Hinweise zu optischen Partikelzählern, wie z. B. Auflösungsvermögen, Zählwirkungsgrad, Nachweisgrenze, finden sich in der VDI-Richtlinie 3489, Blatt 3.

1 Installation und erste Inbetriebnahme

1.1 Überprüfen der Netzspannung

Das Gerät ist vom Hersteller für die bei der Bestellung angegebene Netzspannung fest eingestellt worden. Bitte überprüfen Sie, ob die auf dem Typenschild angegebene Netzspannung mit der Netzspannung am vorgesehenen Einsatzort übereinstimmt.

Der Hersteller haftet nicht für Schäden, die durch den Betrieb an falscher Netzspannung hervorgerufen werden!!!

1.2 Überprüfen der Vollständigkeit der Lieferung

Für einen Transport des Fidas durch ein Lieferunternehmen ist das Fidas System in Komponenten zerlegt worden. Vor einer ersten Inbetriebnahme muss das System wieder zusammengesetzt werden. Folgende Teile sollten vorhanden sein:

Abbildungen 1 A+B: links Komponenten eines Fidas® Systems, rechts IP-65 Wetterschutzgehäuse

Für alle Versionen sollten folgende Komponenten und Dokumentation vorhanden sein (die Buchstaben in Klammer beziehen sich auf die Angaben in Abbildung 1):

- Fidas® Steuereinheit (a)
- Aerosoleinlassführungsrohr (f)
- Netzkabel (h)
- Plastikschlauch ca. 30 cm für Kalibrierung und Verifikation
- Flasche CalDust 1100 für Kalibrierung und Verifikation
- Nachfüllpäckchen CalDust 1100
- Reinigungsset bestehend aus optischen Tüchern

- Bedienungsanleitung Fidas® Feinstaubmonitorsystem gedruckt
- Beschreibung Fidas® Firmware gedruckt
- Bedienungsanleitung PDAnalyze gedruckt
- Bedienungsanleitung Wetterstation WS300-UMB
- Kalibrierzertifikat gedruckt
- CD oder USB-Stick mit Auswertesoftware PDAnalyze
- Serielles Kabel (Nullmodem)
- Pointer für Touchscreen

Zusätzlich sind je nach Modell folgende weitere Komponenten im Lieferumgang enthalten:

Nur Fidas® 100:

- Sensor für Temperatur, relative Feuchte und Druck

Nur Fidas® 200:

- Wetterstation WS300-UMB (d) – optional stattdessen auch WS600-UMB (m)
- Probenahmerohr mit IADS (c)
- Verbindung Probenahmekopf zu Probenahmerohr (e)
- Probenahmekopf Sigma-2 (b) – optional stattdessen oder zusätzlich auch PM-10 oder PM-2,5 Probenahmekopf (k)
- Fixierung des Probenahmerohres am Gehäuse (i)

Nur Fidas® 200 S:

- Wetterstation WS300-UMB (d) – optional stattdessen auch WS600-UMB (m)
- Probenahmerohr mit IADS (c)
- Verbindung Probenahmekopf zu Probenahmerohr (e)
- Probenahmekopf Sigma-2 (b) – optional stattdessen oder zusätzlich auch PM-10 oder PM-2,5 Probenahmekopf (k)
- 2x Fixierung des Probenahmerohres und des Wetterstationrohres am Gehäuse (i)
- Rohr für Wetterstation (j)
- Antenne (g)
- IP-65 Wetterschutzgehäuse

Nur Fidas® 300:

- Wetterstation WS300-UMB (d) – optional stattdessen auch WS600-UMB (m)
- Probenahmerohr mit IADS (c)
- Verbindung Probenahmekopf zu Probenahmerohr (e)
- Probenahmekopf Sigma-2 (b) – optional stattdessen oder zusätzlich auch PM-10 oder PM-2,5 Probenahmekopf (k)

- Fixierung des Probenahmerohres am Gehäuse (i)
- Große Pumpe für Volumenstrom 2,3 m^3/h

Nur Fidas® 300 S:

- Wetterstation WS300-UMB (d) – optional stattdessen auch WS600-UMB (m)
- Probenahmerohr mit IADS (c)
- Verbindung Probenahmekopf zu Probenahmerohr (e)
- Probenahmekopf Sigma-2 (b) – optional stattdessen oder zusätzlich auch PM-10 oder PM-2,5 Probenahmekopf (k)
- 2x Fixierung des Probenahmerohres und des Wetterstationrohres am Gehäuse (i)
- Rohr für Wetterstation (j)
- Antenne (g)
- Große Pumpe für Volumenstrom 2,3 m^3/h
- IP-65 Wetterschutzgehäuse

1.3 Geräteübersicht

1.3.1 Vorderansicht der Fidas® Steuereinheit

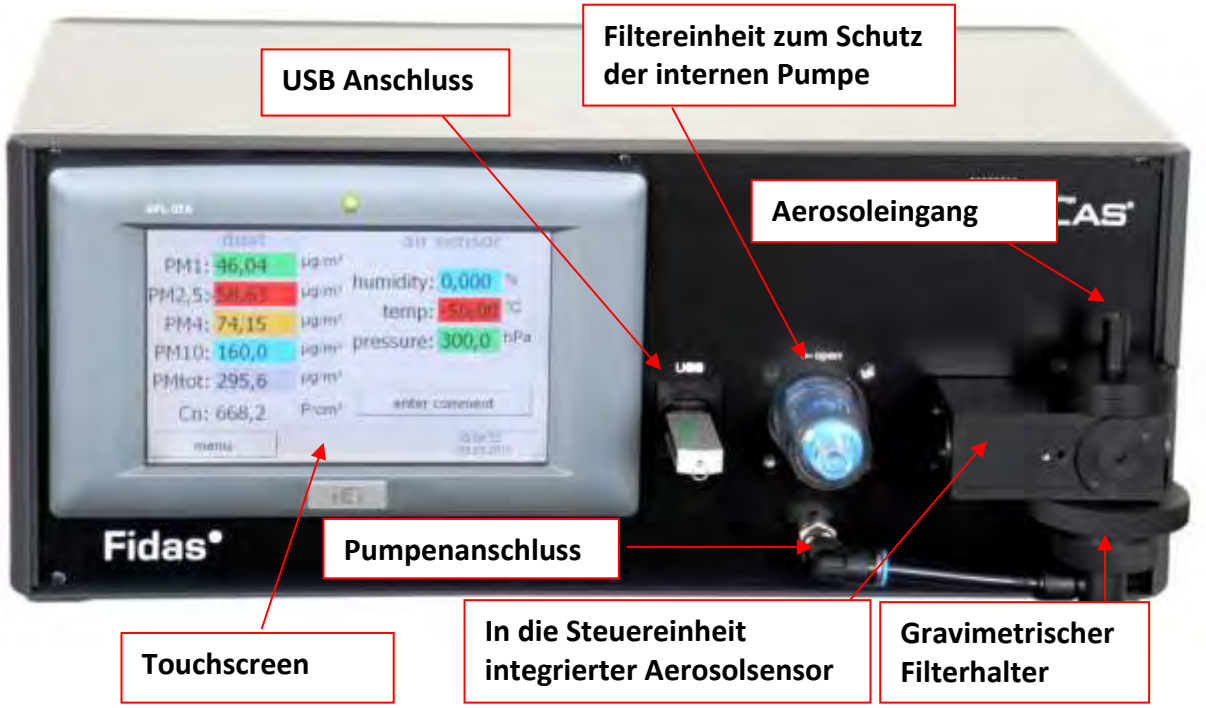


Abbildung 2: Vorderseite der Fidas® Steuereinheit

Die Bedienung des Fidas® Gerätes erfolgt über einen Touchscreen (siehe hierzu gesonderte Bedienungsanleitung Fidas® Firmware).

Über den USB Anschluss können die Daten ausgelesen werden und mit der zusätzlichen PDAnalyze Software (ist im Lieferumfang enthalten) an einem externen PC weiterverarbeitet werden.

1.3.2 Rückansicht der Fidas® Steuereinheit

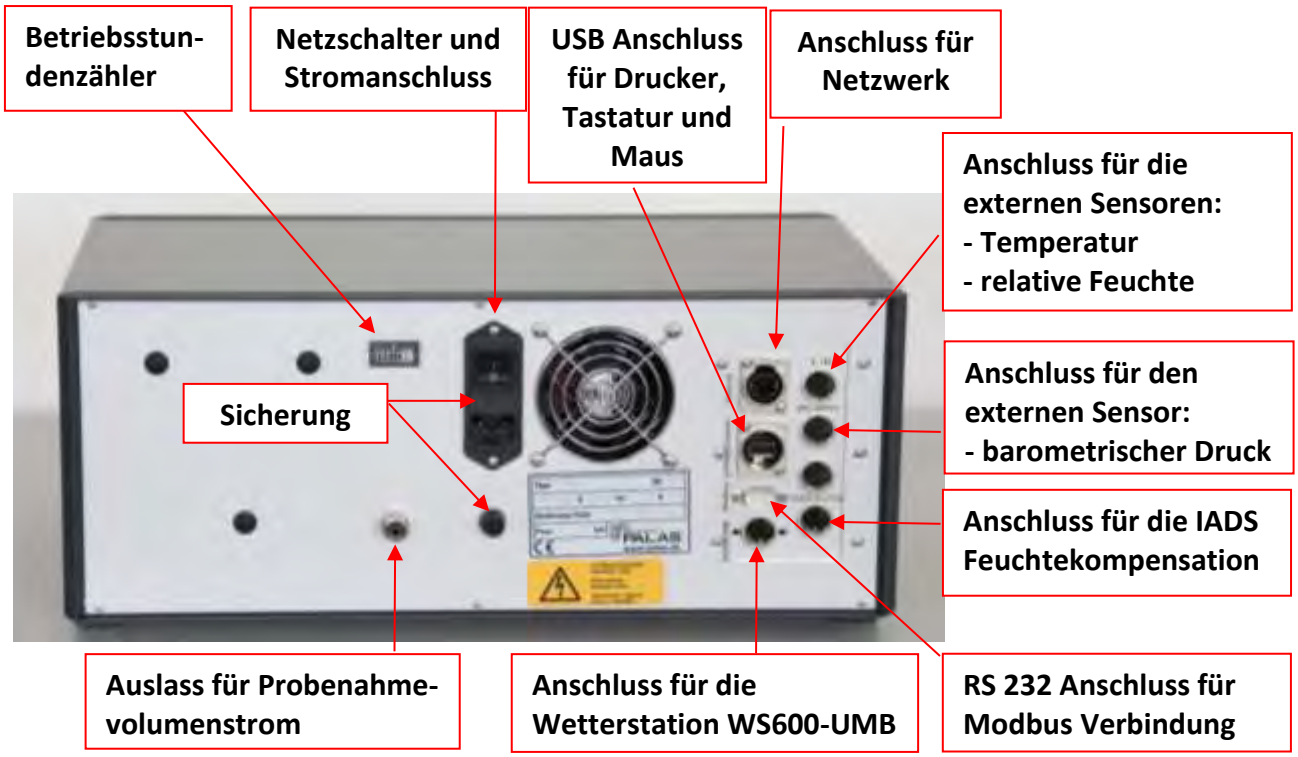


Abbildung 3**:** Rückseite der Fidas® Steuereinheit

Die Steuereinheit wird am Netzschalter ein- bzw. ausgeschaltet.
Das Gerät besitzt zwei Sicherungen, T 2 A / 250 V die auf der Rückseite angebracht sind.

Die LED wird mit dem Netzschalter eingeschaltet. Der Betriebsstundenzähler läuft, solange das Gerät an ist. Die Lichtquelle hat eine Lebensdauer (MTTF) von >20.000 Betriebsstunden.

1.3.3 Anschlüsse auf der Rückseite der Steuereinheit

Auf der rechten Seite befinden sich folgende Anschlussmöglichkeiten:

- **Netzwerk**, zur Verbindung des Fidas® Systems an ein Netzwerk, z. B. für Online-Servicesupport und für Übertragung von Softwareupdates
- **USB-Eingang**, z.B. für den Anschluss eines Druckers, Tastatur, Maus bzw. USB-Stick an die Fidas® Steuereinheit
- Modbus über **RS 232** Verbindung für Fernabfrage der Messwerte und externe Ansteuerung des Messgerätes (WebAccess)
- **Anschluss für die Wetterstation WS600-UMB** (bei Fidas® 200 S und Fidas® 300 S System) zur Aufnahme von**:**
    - Windstärke
    - Windrichtung
    - Niederschlagsmenge
    - Niederschlagsart
    - Temperatur
    - Feuchte
    - Druck
- **Eingang für externe Sensoren** zur Aufnahme der Temperatur und der relativen Feuchte
- **Eingang für externen Sensor** zur Aufnahme des barometrischen Druckes
- **Anschluss für das Feuchtekompensationsmodul IADS**
  (Intelligent Aerosol Drying System)

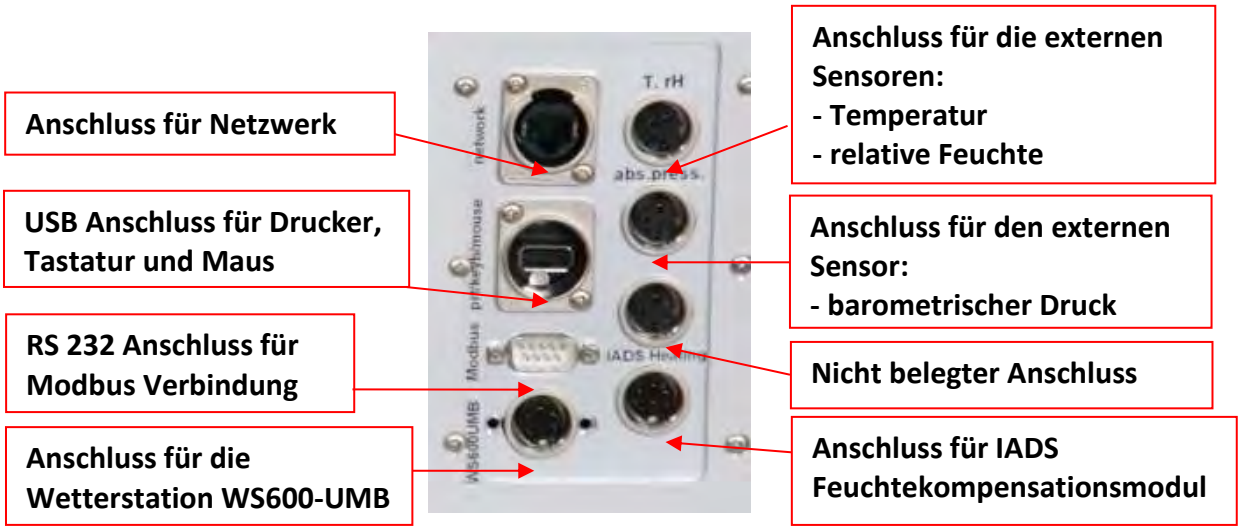


Abbildung 4: Anschlussmöglichkeiten auf der Rückseite der Fidas® Steuereinheit

1.4 Erste Messung

Schalten Sie das Gerät ein (I/0-Schalter auf der Geräterückseite der Fidas® Steuereinheit). Mit dem Einschalten des Gerätes startet automatisch der Messvorgang. Auch alle gewonnenen Daten werden automatisch im internen Speicher abgelegt.
Nach dem Starten des Gerätes erscheint der Startbildschirm (siehe Abbildung 5).

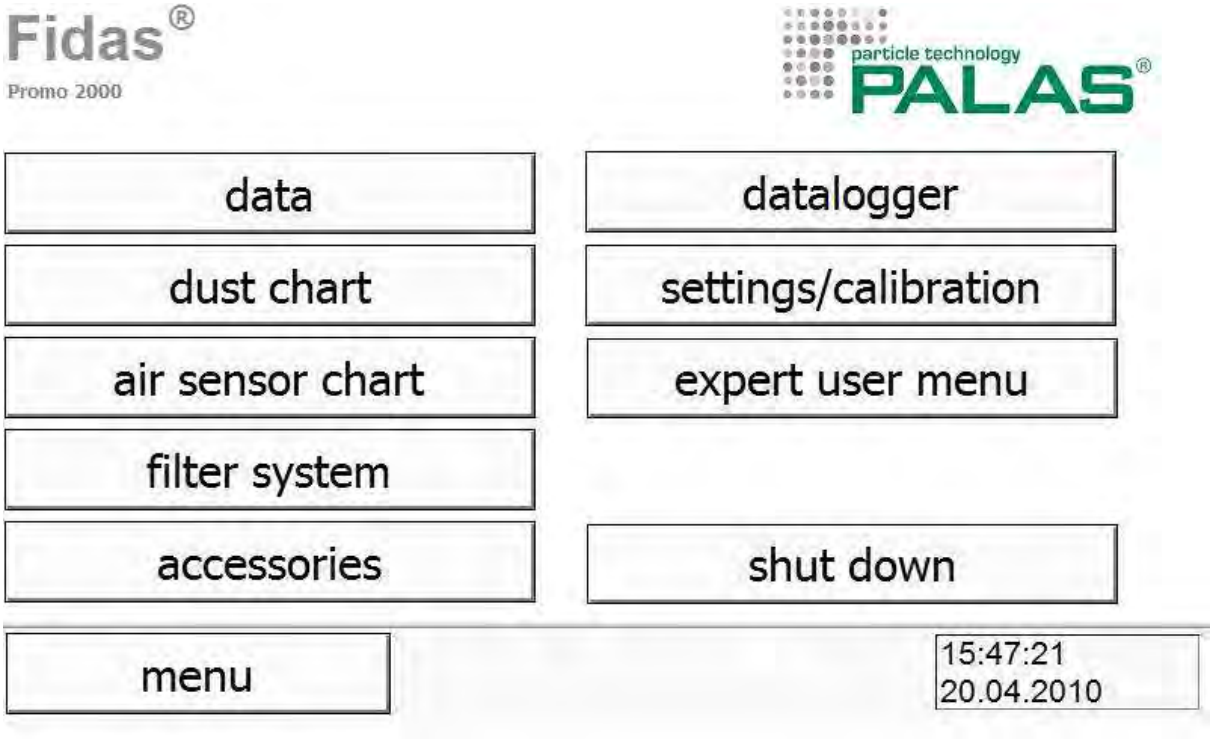


Abbildung 5: Startbildschirm

Über das Touchdisplay kann nun zwischen den einzelnen Darstellungsmöglichkeiten gewechselt werden. Abbildung 6 zeigt als Beispiel die Übersicht der Staubwerte:

- PM 1
- PM 2,5
- PM 4
- PM 10
- PM total (Gesamtmassenkonzentration)
- Cn: Partikelkonzentration in P/cm^3

Luftsensoren:

- Relative Feuchte
- Temperatur
- Barometrischer Luftdruck

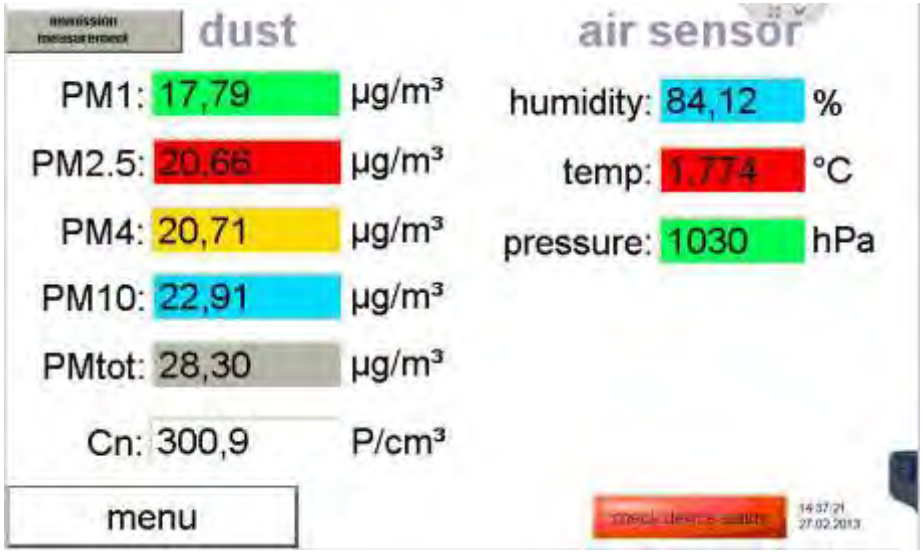


Abbildung 6: Datenübersicht, z. B. PM Werte

Nähere Informationen entnehmen Sie bitte der separaten Bedienungsanleitung Fidas® Firmware.

2 Fidas 200 S / Fidas 300 S – Einbau der Komponenten in das IP-65 Wetterschutzgehäuse

2.1 Anbringen der Wetterstation

Das kürzere Edelstahlrohr ist die Halterung für die Wetterstation. Als Komponenten brauchen Sie:

- Kurzes Edelstahlrohr
- Fixierung des Rohrs am Gehäuse
- Wetterstation WS300-UMB – oder optional stattdessen WS600-UMB

Als Werkzeug brauchen Sie:

- 13er Gabelschlüssel
- 40er Gabelschlüssel oder verstellbare Zange

Abbildung 7 zeigt die Fixierung in Ihre Bestandteile zerlegt. Achten Sie bitte unbedingt darauf, dass die Dichtungsringe mit eingebaut werden und diese unbeschädigt sind. Diese dienen der Abdichtung, so dass kein Wasser von außen in das Gehäuse kommen kann. Sollte Wasser von außen eindringen können, kann es zu Schäden am Steuergerät führen bis zu einem Totalausfall des Fidas®.
Palas® übernimmt keine Haftung für Schäden, die sich aus einer undichten Fixierung ergeben!

Abbildung 7: Die Bestandteile der Fixierung des Wetterstationrohres

Stellen Sie sicher, dass alle Bestandteile vorhanden sind. Kombinieren Sie dann die ersten 5 Bestandteile (von links nach rechts in Abbildung 7) und schieben Sie sie über das Rohr (das obere Ende ist mit einer Abdeckung versehen, darunter befindet sich der Durchgang für das Kabel zur Wetterstation). Gehen Sie dann mit diesem Teil der Fixierung und dem unteren Teil des Rohres von außen durch die linke hintere Öffnung des Wetterschutzgehäuses. Bringen Sie dann von innen zuerst den Dichtungsring (in Abbildung 7 ganz rechts gezeigt) und dann die dünne Mutter (zweite von rechts in Abbildung 7) an. Ziehen Sie dann sowohl die innere als auch die äußere Mutter mit einem Gabelschlüssel oder einer verstellbaren Zange gut an.

Abbildung 8: Fixierung des Wetterstationrohres

Abbildung 8 zeigt wie die Fixierung des Wetterstationrohres aussehen sollte.

Bevor Sie die Wetterstation selbst am Rohr befestigen, verifizieren Sie bitte, dass das Rohr oben eine Abdeckung hat. Schieben Sie dann die Wetterstation auf das Rohr (Abbildung 10) und ziehen die Muttern leicht an (die Wetterstation muss sich noch leicht drehen lassen!).

Abbildung 9: Anbringen der Wetterstation am Rohr

Richten Sie die Wetterstation gen Norden aus.
Ziehen Sie dann die beiden Muttern abwechseln so fest an, dass sich die Wetterstation nicht mehr bewegen lässt.
<u>Vorsicht:</u> wenn Sie die Muttern zu fest anziehen, kann die Halterung der Wetterstation zerspringen!
Verbinden Sie dann das Kabel mit der Wetterstation (handfest!) wie in Abbildung 9 gezeigt.

Abbildung 10: Verbinden des Kabels mit der Wetterstation

2.2 Anbringen der Antenne

Die Antenne besteht aus dem Plastikteil der außen auf dem Gehäuse anzubringen ist, einem Dichtungsring, einer Fächerscheibe, einer Mutter und einem Kabel wie in Abbildung 12 gezeigt.

Abbildung 11: Die Antenne

Führen Sie das Kabel von außen durch das dafür vorgesehene kleine Loch auf der Oberseite des Gehäuses. Befestigen Sie dann die Antenne von innen mittels der Fächerscheibe und der Mutter.
Achten Sie auch hier darauf, dass der Dichtungsring die Öffnung abdichtet, Sie allerdings die Mutter nicht zu fest anziehen, da auch hier das Plastik Risse bekommen kann.

2.3 Anbringen des Probenahmerohres

Zum Fixieren des Probenahmerohres am Wetterschutzgehäuse wird dieselbe Fixierung verwendet wie bei der Fixierung des Wetterstationrohres. Abbildung 6 zeigt die Bestandteile.
Das Probenahmerohr enthält die Heizung für das IADS (intelligent aerosol drying system), daher ist ein Kabel damit verbunden.
Führen Sie zuerst das untere Ende mit dem Kabel von außen durch die Öffnung rechts vorne (siehe Abbildung 13). Legen Sie dann vorerst das Probenahmerohr auf der Standfläche des Steuergerätes (nicht auf das Steuergerät selbst!) ab.

Abbildung 12: Einführen des Probenahmerohres

Schieben Sie dann die äußeren Bestandteile der Fixierung über das Probenahmerohr. Abbildung 14 zeigt wie gerade der Dichtungsgummi von oben in die graue Manschette geführt wird. Übrig sind noch die große äußere Mutter, die erst ganz am Schluss angebracht wird, und der Dichtungsring und die Mutter, die von innen angebracht werden.

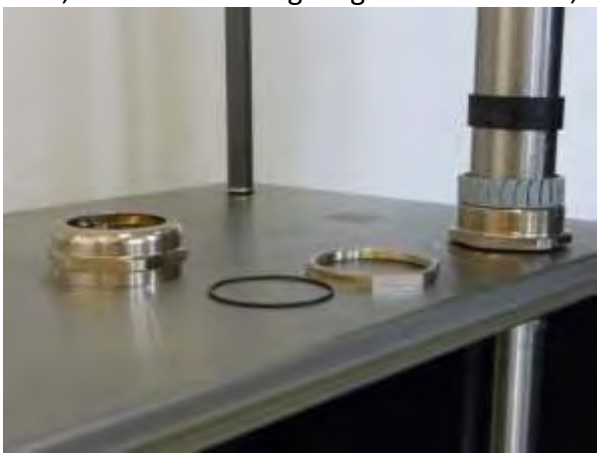


Abbildung 13 A+B: Äußere Fixierung des Probenahmerohres

Bringen Sie dann über das Kabel den verbliebenen dünnen Dichtungsring und dann die dünne Mutter von innen am Rest der Fixierung an. Ziehen die dann diese Mutter gut an. Achten Sie allerdings darauf, dass Sie für die nachfolgende Installation der Fidas® Steuereinheit das Probenahmerohr noch verschieben können.

2.4 Einschub der Fidas® Steuereinheit

Als erstes stecken Sie bitte das Aerosoleinlassführungsrohr in die dafür vorgesehene Öffnung am Sensorkopf (Abbildung 14).

Abbildung 14 A+B: Anbringen des Aerosoleinlassführungsrohres

Heben Sie die Fidas® Steuereinheit vorsichtig an und führen Sie diese wie in Abbildung 16 gezeigt in das Wetterschutzgehäuse ein und legen es auf der Standfläche ab.

Abbildung 15: Einschub der Fidas® Steuereinheit

Verbinden Sie dann die Kabel von der Wetterstation und dem IADS (Probenahmerohr) mit den dafür vorgesehenen und bezeichneten Anschlüssen (Ort kann von den in Abbildung 16 gezeigten je nach Modell abweichen). Verbinden Sie auch das Netzkabel (und gegebenenfalls auch ein Netzwerkkabel), aber schalten Sie das Fidas® noch nicht ein!

Abbildung 16: Verbinden der Wetterstation, IADS mit den Anschlüssen auf der Rückseite

Verschieben Sie dann die Steuereinheit so, dass Sie mit der Öffnung des Probeeinlassführungsrohres genau unterhalb des Probenahmerohres sind. Dazu müssen Sie zuvor das Probenahmerohr angehoben haben. Führen Sie dann vorsichtig (!) das Probenahmerohr über das Probeeinlassführungsrohr wie in Abbildung 17 gezeigt.
Das Probenahmerohr sollte dabei möglichst senkrecht sein, ggfs. müssen Sie die Position der Steuereinheit entsprechend ändern.

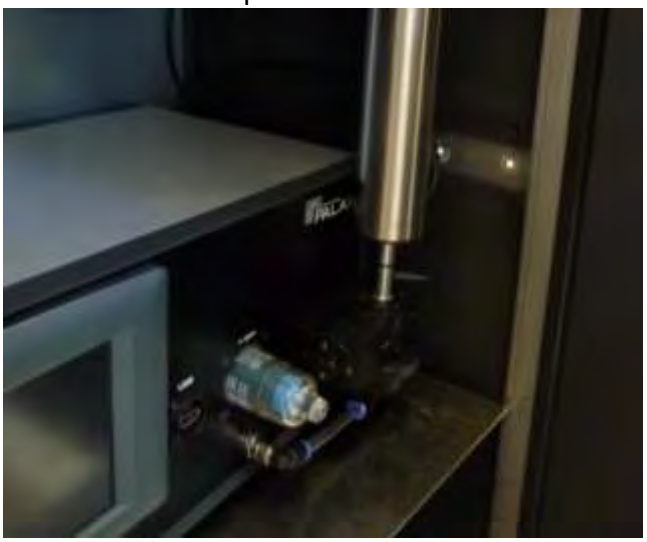
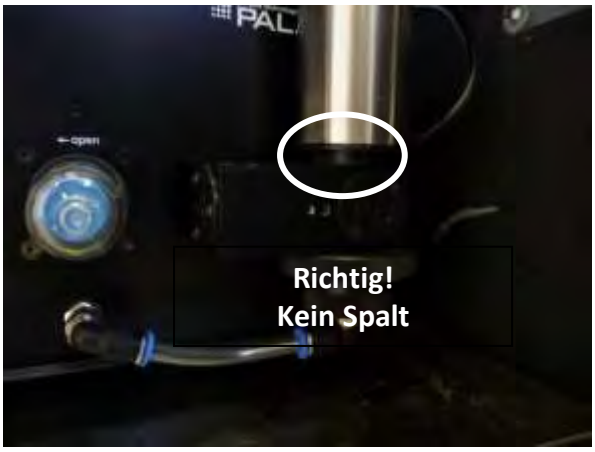


Abbildung 17: Verbinden des Probenahmerohres mit dem Probeeinlassführungsrohr und der Steuereinheit

Fahren Sie damit fort, bis das Probenahmerohr auf der Sensoreinheit aufliegt, d. h. es sollte kein Spalt mehr vorhanden sein. Abbildung 18 rechts zeigt die korrekte Position.



Abbildungen 18 A+B: links falsche Position des Probenahmerohres, rechts richtige Position

Befestigen Sie dann vorsichtig die Schellen der Halterung etwas oberhalb:

Abbildung 19: Interne Fixierung des Probenahmerohres

Schieben Sie dann die große übriggebliebene Mutter der Fixierung des Probenahmerohres über den Rest und ziehen Sie diese gut fest (Abbildung 20). Achten Sie auch hier darauf, dass der Dichtungsring die Öffnung abdichtet.

Abbildung 20 A+B: Abschließende Fixierung des Probenahmerohres

2.5 Anbringen des Sigma-2 Probenahmekopfes

Platzieren Sie bitte zuerst das Verbindungsstück Probenahmekopf zu Probenahmerohr wie in Abbildung 21 gezeigt:

Abbildungen 21 A+B: Platzieren des Verbindungsstücks

Schieben Sie dann den Sigma-2 Probenahmekopf auf dieses Verbindungsstück (er sollte satt auf dem Probenahmerohr aufliegen) und fixieren Sie dann den Probenahmekopf mit der 2er Inbusschraube (siehe Abbildung 22).

Abbildung 22 A-C: Anbringen des Sigma-2 Probenahmekopfes

Sollten Sie statt dem Sigma-2 Probenahmekopf einen PM-10 oder PM-2,5 Probenahmekopf verwenden wollen, verfahren Sie bitte entsprechend.

2.6 Abschließende Handgriffe

An Ort und Stelle verbinden Sie bitte das Netzkabel mit dem dafür vorgesehenen Anschluss des Wetterschutzgehäuses. Schieben Sie dann die Abdeckung über diesen Anschluss (Abbildung 23)

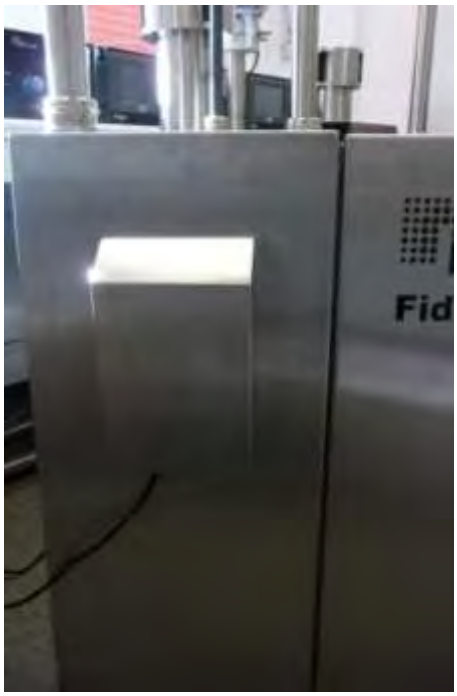


Abbildung 23 A+B: Netzanschluss des Wetterschutzgehäuses

Betätigen Sie dann den Netzschalter auf der Rückseite der Fidas® Steuereinheit.
Nach dem Hochfahren des Windows Betriebssystems und des Fidas® Start-up Managers sehen Sie den Bildschirm mit den verschiedenen PM-Fraktionen, der Partikelanzahlkonzentration und den Umgebungsbedingungen (Temperatur, relative Feuchte, Luftdruck). Für die ersten Werte der PM-Fraktionen müssen Sie aufgrund der Mittelung etwa 4 Minuten warten.

Abbildung 24: Fidas® im laufenden Betrieb

3 Wartung

Wir empfehlen eine regelmäßige Überprüfung der korrekten Funktionsweise des Fidas® (siehe 3.1). Ansonsten muss das Gerät nur dann gewartet werden, falls eines der Fehlerbits (siehe Abbildung 25) anspringt.

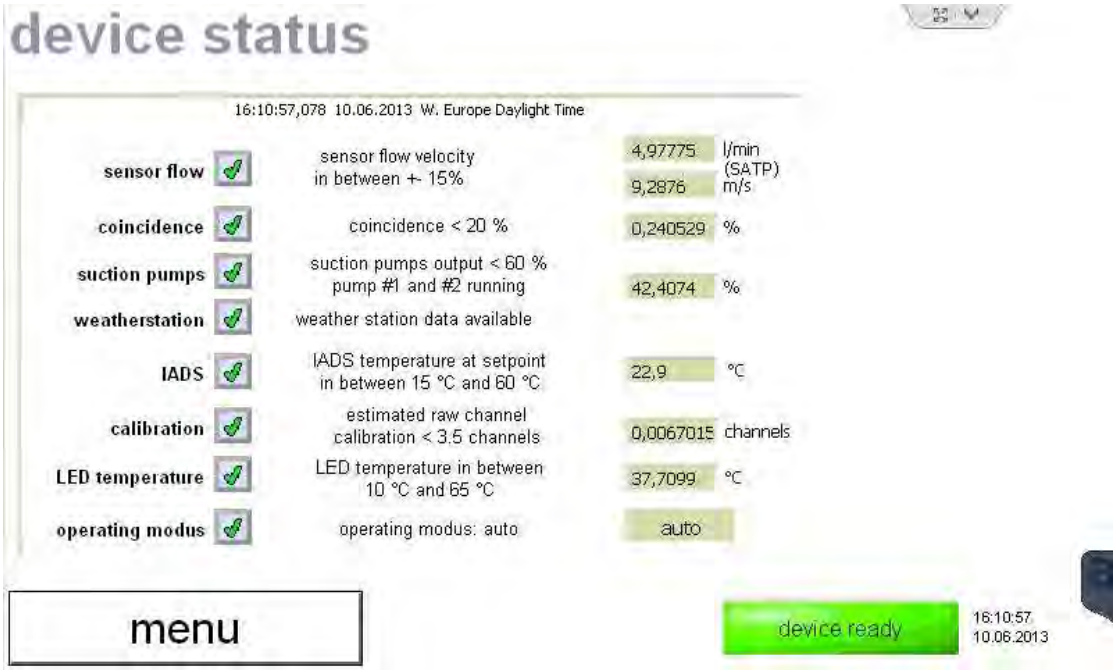


Abbildung 25: Statusübersicht zeigt verschiedene Sensorinformationen, die für einen korrekten Betrieb des Fidas® nötig sind. Diese Informationen werden auch in Form eines Fehlerbytes mit jedem Datensatz mit abgespeichert.

Im Einzelnen sind dies:

Sensor flow — mittels eines Regelkreises mit Massflowmeters und unter Einbezug der gemessenen Werte für Temperatur und Luftdruck wird der Volumenstrom durch das Fidas® 100 oder 200 auf 4,8 l/min geregelt.
Normiert ist dieser Volumenstrom dann auf „standard atmospheric temperature and pressure (SATP)“, d.h. bezogen auf 25°C & 1013 hPa.

Der zweite Wert zeigt die Geschwindigkeit der Partikel durch das optische Detektionsvolumen.
Ein Fehler wird angezeigt, wenn der Volumenstrom mehr als 15% vom Sollwert abweicht oder wenn die Geschwindigkeit der Partikel zu stark vom geregelten Volumenstrom abweicht.

Coincidence — Detektion von mehr als einem Partikel im optischen Detektionsvolumen. Ausgabe eines Fehlers, wenn dies mit einer Häufigkeit von mehr als 20% auftritt.

Suction pumps — Im Fidas® 100 und 200 sorgen zwei Pumpen, die parallel geschaltet sind für den Volumenstrom. Sollte eine Pumpe ausfallen, so kann die

	andere übernehmen, entsprechend höher ist dann die Leistungsaufnahme, was zu einem Fehler führt. Sollten beide Pumpen gleichmäßig altern, so wird ebenfalls bei einer Überschreitung von 60% ein Fehler ausgelöst. Wichtig zu bemerken ist, dass das Gerät erst mal korrekt weitermisst, allerdings muss der Benutzer sich um einen baldigen Austausch der Pumpen kümmern
Weatherstation	zeigt an, dass eine Wetterstation korrekt verbunden ist und Werte übermittelt
IADS	zeigt an, dass das IADS korrekt verbunden ist und die Temperatur dem vorgegebenen Regelpunkt entspricht
Calibration	Überwacht die Kalibrierung online, sollte diese um mehr als 3.5 Rohdatenkanäle abweichen, wird der Fehler gesetzt.

<u>Bemerkung:</u> In einzelnen Fällen kann dieser Wert kurzfristig außerhalb liegen, was trotzdem bedeuten kann, dass das Gerät ordnungsgemäß funktioniert. Handlungsbedarf (i.e. eine Feldkalibrierung mit dem Kalibrierstaub) ist nur gegeben, wenn dies ein langfristiger Trend (24 Stunden) ist.

LED temperature	Die LED Lichtquelle wird temperaturgeregelt. Sollte in diesem Regelkreis ein Problem auftreten wird dieses Fehlerbit gesetzt.
Operating modus	Der Betriebsmodus sollte auf „auto“ gesetzt sein, ansonsten werden u.U. die Daten nicht korrekt abgespeichert bzw. startet das Gerät nach einem Stromausfall nicht selbstständig wieder.

3.1 Kalibrierung/Verifizierung des Fidas®

Eine Kalibrierung des Gerätes sollte stets vor dem Beginn einer Messkampagne erfolgen. Während einer laufenden Messkampagne sollte die Kalibrierung in regelmäßigen Abständen überprüft werden (siehe Tabelle 1).
Vor der Kalibrierung muss das Gerät mindestens eine Stunde laufen, damit es sich in einem thermisch stabilen Zustand befindet. Die Umgebungstemperatur muss dabei zwischen 5 und 35 °C liegen. Zur Kalibrierung wird das Gerät dann in den Kalibriermodus geschaltet. Beim Start des Kalibriervorgangs wird zunächst die IADS (Trockenstrecke) auf 35 °C geheizt bzw. abgekühlt, damit der Volumenstrom und die Gasdynamik bei der Kalibrierung immer gleich sind und der Staub welcher bei der Kalibrierung eingesetzt wird, eine Konditionierung erfährt. In der Regel müssen mindestens 10 Minuten gewartet werden. Während dieses Vorgangs wird die Temperatur angezeigt und, wenn der Benutzer sieht, dass die Temperatur stabil bei 35°C (+- 0,1 °C) steht, mit der eigentlichen Kalibrierung begonnen.
Die vollständige Kalibrierung besteht aus fünf Einzelschritten:

1.) Automatischer Offsetabgleich
2.) Prüfen der Dichtigkeit des Gesamtsystems
3.) Abgleich der Empfindlichkeit des Partikelsensors
4.) Prüfen des Partikelstroms im Partikelsensor
5.) Prüfen des Volumenstroms

Im Folgenden werden die Schritte im Einzelnen beschrieben:

3.1.1 Automatischer Offsetabgleich

Beim Offsetabgleich (siehe Abbildung 27) wird der elektronische Nullpunkt des Systems abgeglichen und somit das Eigenrauschen des Gerätes minimiert. Der Offsetabgleich erfolgt vollautomatisch und wird über den Button „adjust offset“ gestartet. Der Abgleich dauert ca. 2 Minuten. Das Minimum der ermittelten Offsetspannung „offset“ muss kleiner 0,2 mV liegen, die Offsetkalibrierspannung „offset adjustment voltage“ muss zwischen 2 und 3 V liegen.

3.1.2 Prüfen der Dichtigkeit des Gesamtsystems

Die Dichtigkeit des Gesamtsystems ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Kalibrierung. Das Fidas 200 hat einen Flowsensor, der unmittelbar vor der Pumpe sitzt (siehe Abbildung 26). Zur Überprüfung der Dichtigkeit des Gesamtsystems reicht es, wenn der Eingang z.B. mit dem Daumen abgedichtet wird. Der gemessene Volumenstrom muss dann auf 0 l/min (+- 0,1 l/min) sinken.

3.1.3 Abgleich der Empfindlichkeit des Partikelsensors

Zum Abgleich der Empfindlichkeit des Partikelsensors wird Staub (CalDust 1100), der mit dem Gerät mitgeliefert wird, mit Partikeln einer definierten Größe aufgegeben. Die Partikelgrößenverteilung dieses Staubes ist monodispers. Das Gerät zeigt die Rohdatenverteilung der Messung an (siehe Abbildung 27). Der Peak dieser Rohdatenverteilung muss im Kanal 130 liegen. Dies entspricht einer Partikelgröße von 0,93

µm. Bei einer Abweichung von 1,5 Kanälen muss neu kalibriert werden. In diesem Fall muss die Photomultiplierspannung verändert und anschließend der Vorgang wiederholt werden. Die Spannung kann mit dem Button „calibrate PM amplification“ verändert werden. Liegt der Peak < 128,5, muss die Photomultiplierspannung erhöht werden. Liegt der Peak > 131,5, muss die Photomultiplierspannung verringert werden. Durch diesen Abgleich der Photomultiplierspannung bei einer Partikelgröße wird automatisch die Empfindlichkeit des Messgerätes für alle Partikelgrößen abgeglichen, da das Gerät im Gegensatz zu anderen Herstellern von Aerosolspektrometern nur mit einem einzigen A/D-Wandler arbeitet. Wiederholen Sie den Vorgang bis der Peak der Rohdatenverteilung bei 130 (+- 0,5) liegt.

3.1.4 Prüfen des Partikelstroms im Partikelsensor

Neben der Signalamplitude für jedes einzelne Partikel misst der Sensor zusätzlich die Signallänge für jedes einzelne Partikel. Diese Signallänge ist direkt proportional zur Geschwindigkeit der Partikel im Sensor, da die Höhe des optischen Messvolumens bekannt ist. Stimmt die Geschwindigkeit der Partikel im Sensor nicht, stimmt auch die Flussrate im Sensor nicht oder die Strömungsführung im Sensor ist gestört. Aus diesem Grund muss die Geschwindigkeit überprüft werden, da sonst die Konzentration falsch bestimmt wird. Falls der Grund für eine falsche Geschwindigkeitskalibrierung keine Leckage ist, muss das Gerät zum Hersteller zurückgeschickt werden. Zur Kalibrierung der Geschwindigkeit wird auch CalDust 1100 aufgegeben, da Partikel unterschiedlicher Größe geringfügig unterschiedliche Geschwindigkeiten aufweisen. Durch die Verwendung von CalDust 1100 wird auch für die Geschwindigkeitskalibrierung immer die gleiche Partikelgröße verwendet. Das untere Diagramm (siehe Abbildung 33) im Kalibriermodus zeigt die Signallängenverteilung an. Es sind zwei Maxima zu erkennen. Das linke Maximum liegt bei der Länge der Signale in der Randzone des Sensors (T-Blende), das rechte Maximum bei der Länge der Signale durch die Kernzone. Wenn man nun mit den Pfeiltasten das Fadenkreuz in das rechte Maximum fährt, bekommt man die mit dieser Signallänge bestimmte Geschwindigkeit angezeigt („measured velocity“). Diese Geschwindigkeit muss der vom Werk vorgegebenen Geschwindigkeit entsprechen (+- 0,2 m/s). Auf Grund von Fertigungstoleranzen bei der Düse sind die Geschwindigkeiten bei einzelnen Geräten geringfügig unterschiedlich.

3.1.5 Prüfen des Volumenstroms

Der Volumenstrom des Gerätes muss 4,8 l/min (+- 0,15 l/min) bei 23 °C und 1013 hPa betragen. Dies kann z.B. mit einem „Bubble-flow-meter“ überprüft werden. Ist das Gerät dicht (Punkt 2.) und stimmt die Geschwindigkeit des Partikelstroms im Sensor (Punkt 4.), ist eine Überprüfung des Volumenstroms nicht notwendig.

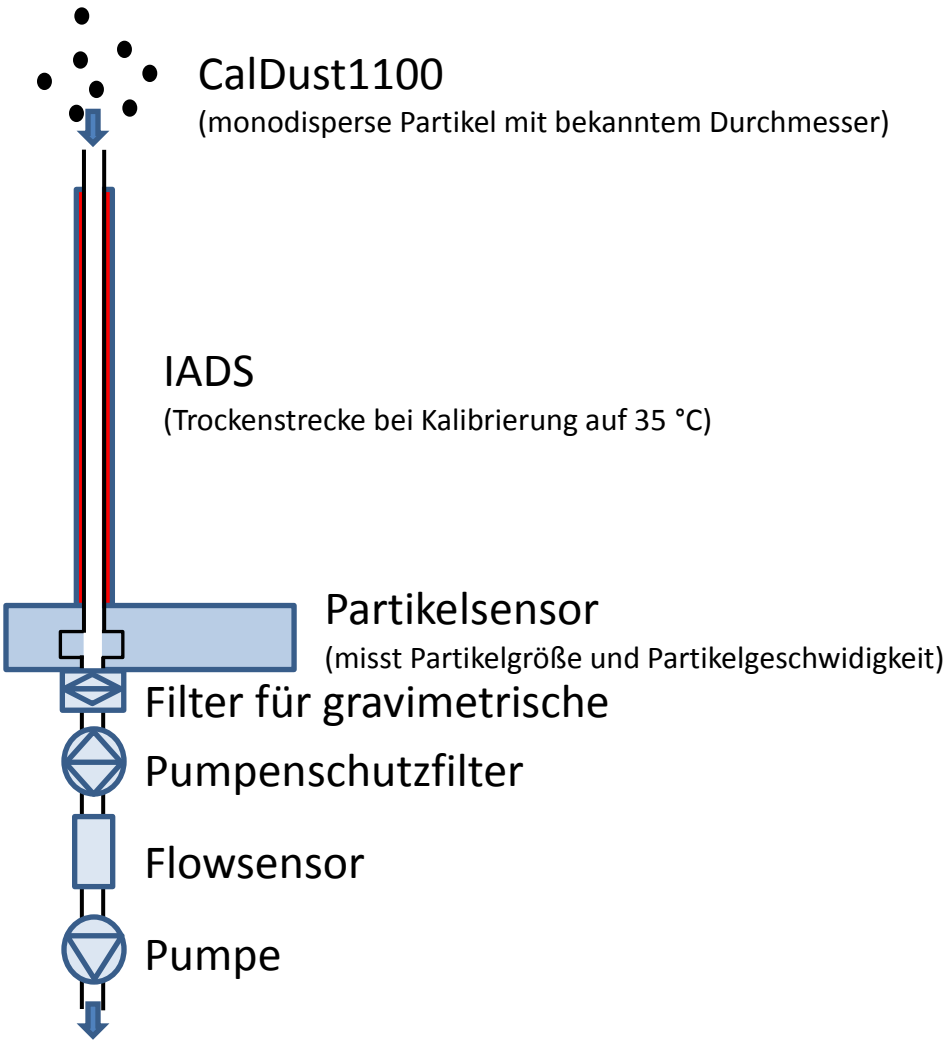


Abbildung 25: Schematische Darstellung des Flusses des Probenahmevolumenstromes

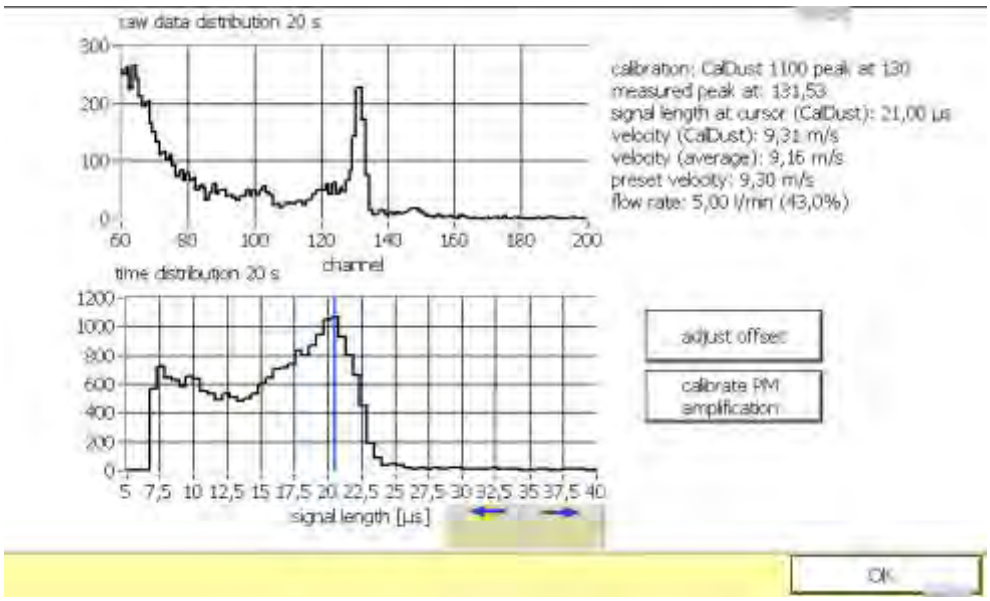


Abbildung 26: Bildschirmdarstellung während der Kalibrierung (oben: Rohdatenverteilung von Kanal 60 bis 250 mit Maximum bei 131,53; unten: gemessene Signallängenverteilung mit daraus bestimmter Geschwindigkeit – hier 9,31 m/s)

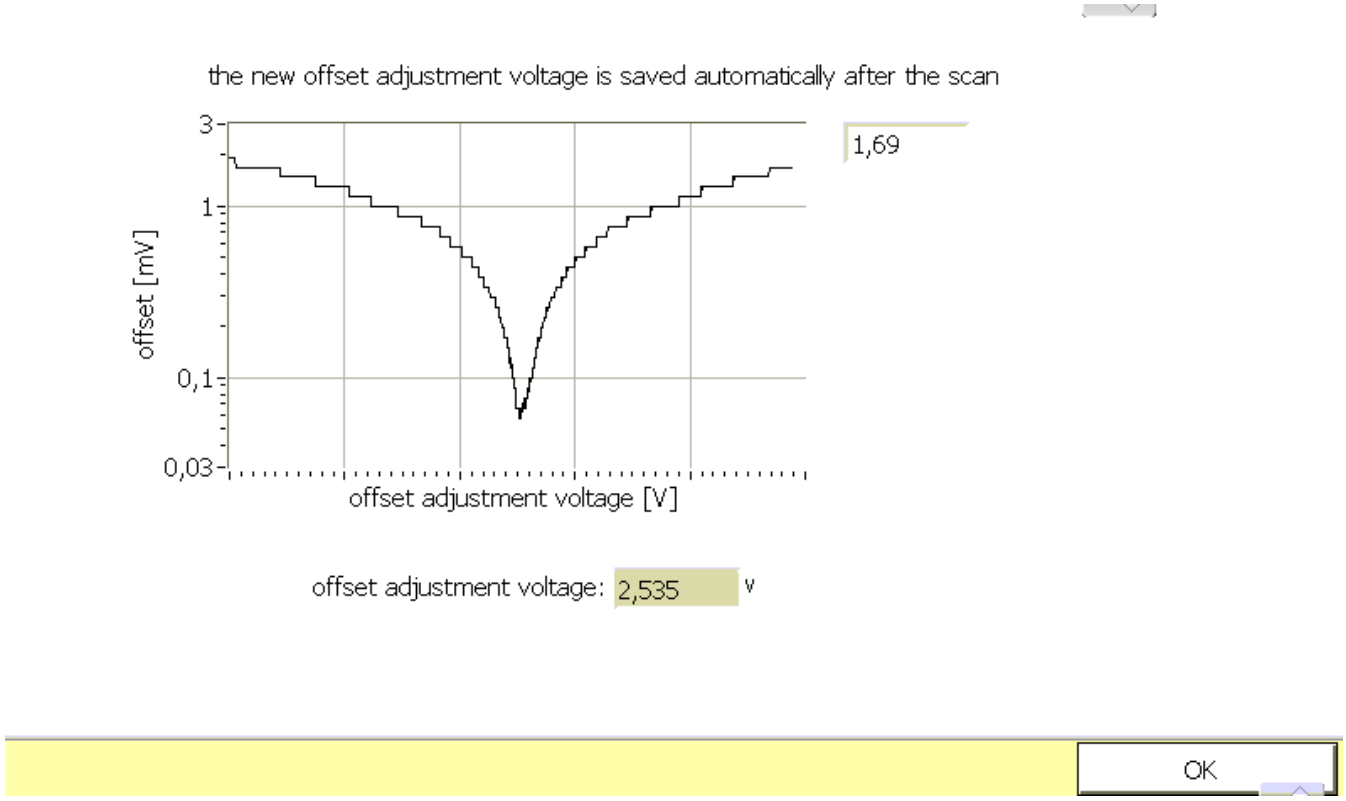


Abbildung 27: Bildschirmdarstellung während des automatischen Offsetabgleichs

Vorgang (inkl. Prüfintervall)	**zu kalibrierende Größe**	**Grenzbereiche**	**Anmerkung**
automatischer Offsetabgleich (3 Monate)	offset	< 0,2 mV	vollautomatisch
	offset adjustment voltage	> 2 V; < 3V	vollautomatisch
Prüfen der Dichtigkeit des Gesamtsystems (3 Monate)	flow rate	< 0,1 l/min	durch Abdichten der Ansaugung
Prüfen der Empfindlichkeit des Partikelsensors (1 Monat)	measured peak	130 +- 0,5	mit Kalibrierstaub CalDust1100
Prüfen des Partikelstroms im Partikelsensor (3 Monate)	velocity (CalDust)	+- 0,2 m/s vom Werkswert	mit Kalibrierstaub CalDust1100 durch Markieren des rechten Maximums
Prüfen des Volumenstroms (3 Monate)		4,8 l/min ± 0,15 l/min bezogen auf 25 °C und 1013 hPa (Standard Ambient Temperature and Pressure - SATP)	mit geeichtem Volumenstrommessgerät

Tabelle1: Vorgehensweise bei der Kalibrierung

3.2 Ausbau des gravimetrischen Filters/Filterwechsel

Um den gravimetrischen Filter auszubauen, muss der gravimetrische Filterhalter an der Unterseite des Aerosolsensors entfernt werden.

Abbildung 28 A-C: Entfernen des Filterhalters

Der Filterhalter (Abbildung 28A) lässt sich einfach nach unten hin abziehen (Abbildung 28B). Anschließend kann die Steckverbindung des Absaugschlauches gelöst werden. Dazu wird die Steckverbindung nach hinten gedrückt und gleichzeitig der Schlauch mit der anderen Hand abgezogen (Abbildung 28C).

Der Filterhalter ist nun einfach durch eine Linksdrehung zu öffnen.

Der Filterhalter besteht aus einem Ober- und Unterteil, die durch einen Schraubverschluss aneinander befestigt werden (siehe Abbildung 29A + B).
Auf der Unterseite ist zusätzlich ein Stützgitter als Auflagefläche für den gravimetrischen Filter vorhanden.

Abbildung 29A: Aufbau des Filterhalters

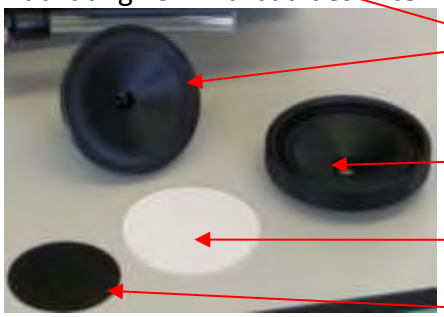


Abbildung 29B: Aufbau des Filterhalter

- Unterteil des Filterhalters mit Anschluss für den Absaugschlauch
- Oberteil des Filterhalters mit Anschluss für den Aerosolsensors
- Gravimetrischer Filter
- Stützgitter für den Gravimetrischer Filter

3.3 Reinigung des optischen Sensors

Eine Reinigung des optischen Sensors ist nur erforderlich, wenn die Photomultiplier-spannung bei der Kalibrierung des optischen Sensors (siehe 3.1) mehr als 15% über dem Wert der Kalibrierung nach der letzten Reinigung bzw. des Auslieferungszustands entspricht.

3.3.1 Für Fidas® 200/200 S und Fidas® 300/300 S Systeme

Das IADS muss zuerst vom Aerosoleingang des Sensors entfernt werden, so dass die Fidas® Steuereinheit mit dem integrierten Aerosolsensor zur Seite bewegt werden kann.

Bitte vorsichtig die Befestigung des IADS lösen.
Anschließend kann das IADS komplett nach oben verschoben werden, so dass der Eingang des Aerosolsensors frei zugänglich ist.

Abbildung 30: Verbindung des Sensoreingangs mit Feuchtekompensationsmodul IADS

3.3.2 Für alle Fidas® Systeme

Zum Reinigen der internen optischen Gläser des Sensors ist der Filterhalter vom Sensorausgang, sowie die Steckverbindung zwischen dem Filterhalter und dem Eingang der Absaugpumpe zu entfernen.

Abbildung 31 A-C: Entfernen des Filters

Der Filterhalter (Abbildung 31A) lässt sich einfach nach unten hin abziehen (Abbildung 31B). Anschließend kann die Steckverbindung des Absaugschlauches gelöst werden. Dazu wird die Steckverbindung nach hinten gedrückt und gleichzeitig der Schlauch mit der anderen Hand abgezogen (Abbildung 31C).

Danach sind die beiden M3 Kreuzschlitzschrauben mit einem passenden Schraubendreher zu lösen.

Lösen der beiden M3 Kreuzschlitzschrauben

Anschließend kann das Aerosolführungsrohr vorsichtig durch Drücken an der Unterseite und gleichzeitigem Ziehen an der Oberseite nach oben hin aus dem Aerosolsensor entfernt werden.

Abbildung 33: Herausnehmen des Aerosolführungsrohres

Abbildung 32: Lösen der M3 Kreuzschlitzschrauben

Achtung:
Bei der Herausnahme des Aerosolführungsrohres ist darauf zu achten, dass die innenliegenden optischen Gläser des Aerosolsensors nicht mit dem Aerosolrohr verkratzt bzw. beschädigt werden!

Nun können die beiden optischen Gläser in der Innenseite des Aerosoleingangs gereinigt werden. Dies darf nur mit einem optischen Tuch erfolgen (im Lieferumfang enthalten).

Die beiden optischen Gläser im Inneren des Aerosolgangs

Achtung:
Die Gläser nicht mit den Fingern berühren!
Reinigung nur mit optischen Tüchern!

Optisches Tuch zur Reinigung der optischen Gläser

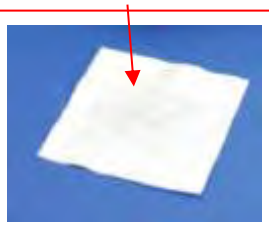


Abbildung 34: Optische Gläser im Innern des Aerosolsensors

Abbildung35: Optisches Tuch

Das Aerosolführungsrohr kann mit Pressluft gereinigt werden.

3.4 Reinigung/Auswechslung des Absaugfilters der internen Pumpe

Der Filter muss gereinigt bzw. ausgewechselt werden, falls die Leistung der Absaugpumpe mehr als 50% beträgt.

Die Schutzkappe des Absaugfilters (Abbildung 36) der internen Pumpe ist einfach durch eine Linksdrehung zu lösen und abzuziehen.

Durch eine Linksdrehung zu entfernen

Der eigentliche Filter ist ebenso mit einer Linksdrehung zu entfernen. (Abbildung 38)

Abbildung 36: Entfernen der Schutzkappe

Abbildung 37: Filter ohne Schutzkappe

Der Filter kann entweder mit Pressluft freigeblasen werden oder bei zu starker Verschmutzung ausgewechselt werden.

Filter der internen Absaugpumpe

Filterschutzkappe

Abbildung 38: Herausnehmen des Filters

Abbildung 39: Ausgebauter Filter und Schutzkappe

Beim Einbau ist in umgekehrter Reihenfolge vorzugehen.

3.5 Reinigung des Sigma-2 Kopfes

Zur Kontrolle sollte der Sigma-2 Kopf alle drei Monate (in Zusammenhang mit der Kalibrierung) auf Grobschmutz überprüft und gegebenenfalls gereinigt werden.

4 Partikelmessung mit dem Fidas® System

Beim Fidas® handelt es sich um ein optisches Aerosolspektrometer, welches über die Streulichtanalyse am Einzelpartikel nach Lorenz Mie die Partikelgröße bestimmt.

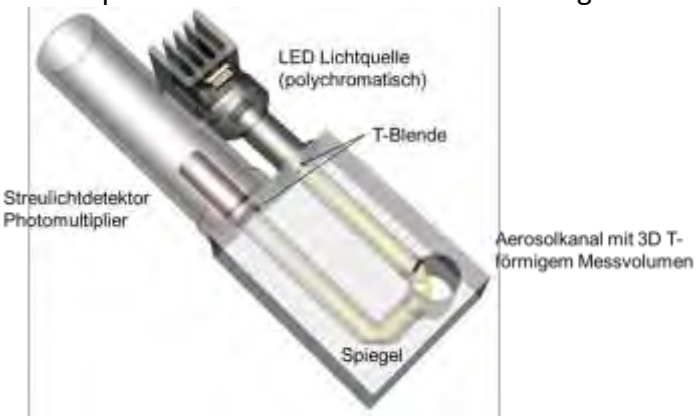


Abbildung 40: Aufbau des Sensors des Fidas® Messsystems

Die Partikel bewegen sich einzeln durch ein optisch abgegrenztes Messvolumen, das mit polychromatischem Licht homogen ausgeleuchtet ist.

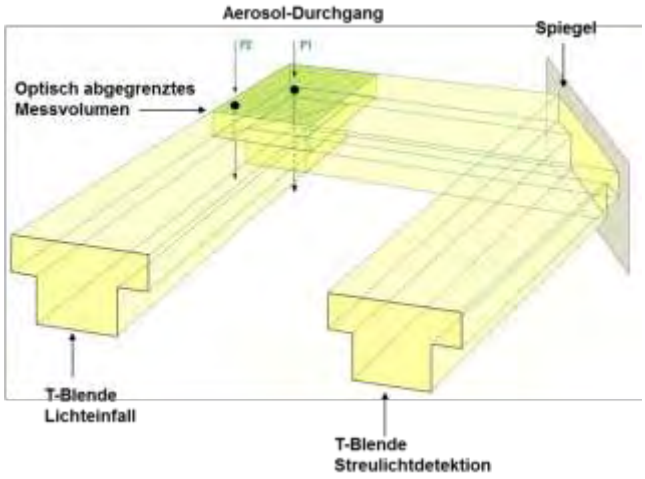


Abbildung 41: Veranschaulichung der T-Blende

Durch die Verwendung einer polychromatischen Lichtquelle (LED) und in Kombination mit einer 90° Streulichtdetektion erhält man eine sehr genau definierte Kalibrierkurve ohne Mehrdeutigkeiten im Mie-Bereich. Dadurch kann u.a. mit einer sehr hohen Größenauflösung gearbeitet werden.

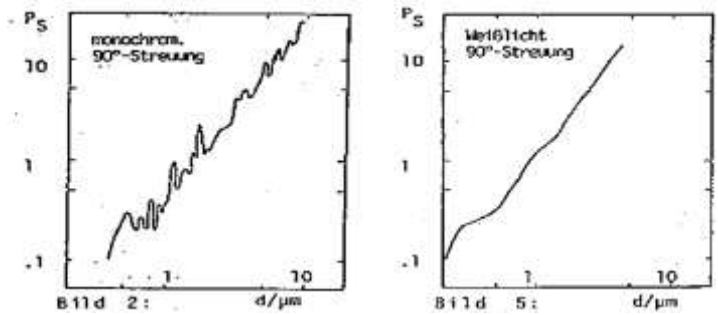


Abbildung 42: Kalibrierkurve für 90° Streulichtdetektion mit monochromatischer Lichtquelle (links) und mit polychromatischer Lichtquelle (rechts)

Von jedem einzelnen Partikel entsteht ein Streulichtimpuls, der unter einem Winkel von 85° bis 95° erfasst wird. Die Partikelanzahl wird anhand der Anzahl der Streulichtimpulse gemessen. Die Amplitude (Höhe) des Streulichtimpulses ist ein Maß für den Partikeldurchmesser. Außerdem wird auch die Signallänge gemessen.

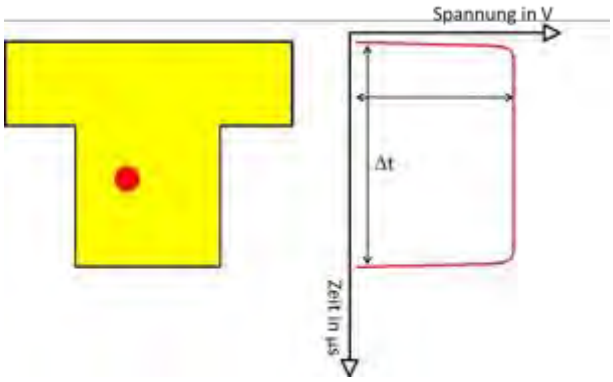


Abbildung 42: Messung des Streulichtsignals am Einzelpartikel. Gemessen wird die Amplitude und die Signallänge

Durch die spezielle T-Blenden Optik mit gleichzeitiger Messung der Signallänge kann der Randzonenfehler eliminiert werden. Als Randzonenfehler bezeichnet man die nur teilweise Ausleuchtung von Partikeln am Rand des Messbereichs. Diese teilweise Ausleuchtung hat zur Folge, dass Partikel kleiner Größenklassiert werden, als sie tatsächlich sind (siehe Abbildung 43, rote Kurve). Über die T-Blende lassen sich Partikel die nur durch den Arm des T‘s fliegen (kürzere Signallänge) von denen unterscheiden, die auch den Mittelteil des T’s passieren (längere Signallänge). Letztere sind im oberen Teil allerdings mit Sicherheit ganz ausgeleuchtet gewesen. Dadurch gibt es beim Fidas® keinen Randzonenfehler(Abb. 43, blaue Kurve).

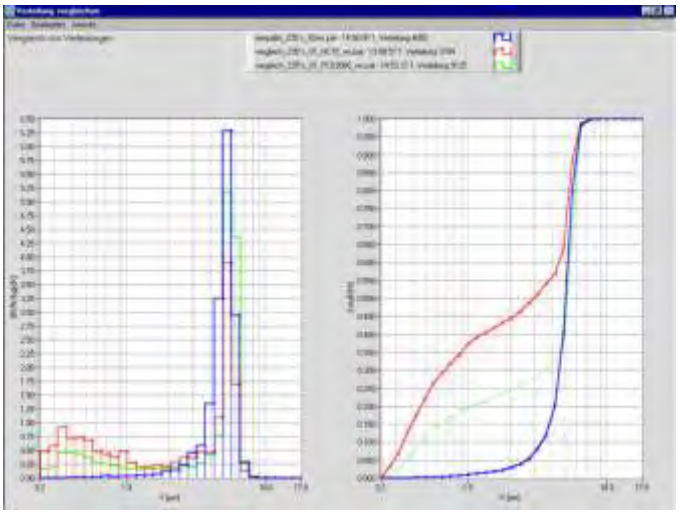


Abbildung 43: Vergleich eines optischen Streulichtspektrometers mit einfacher Rechteckblende (HC15, rot) mit einem opt. Streulichtspektrometer mit T-Blende (welas®, blau) unter Aufgabe von monodispersen 5 µm Partikeln

Die Messung der Signallänge ermöglicht des Weiteren auch eine Detektion von Koinzidenz (mehr als ein Partikel im optischen Detektionsvolumen), da in diesem Fall die Signallänge länger ist. Über eine von Dr.-Ing Umhauer und Prof. Dr. Sachweh ermittelte und verifizierte Korrektur lässt sich dann diese Koinzidenz online korrigieren.

Durch eine verbesserte Optik, eine höhere Lichtdichte durch eine neue Weißlicht-LED als Lichtquelle und eine verbesserte Signalauswerteelektronik (logarithmischer A/D Wandler) konnte die untere Detektionsgrenze für die Immissionsmessung bis auf 180 nm gesenkt werden. Dadurch werden insbesondere kleinere Partikel, die vor allem straßennah in hohen Konzentrationen zu finden sind, sehr viel besser berücksichtigt (Abbildung 44).

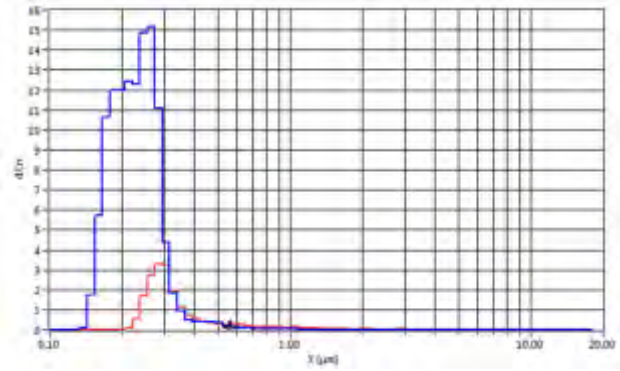


Abbildung 44: Straßen nahe Messung des Fidas® (Größenbereich ab 0,18 µm, blaue Kurve) verglichen mit einem anderen optischen Messsystem (Größenbereich ab 0,25 µm, rote Kurve)

4.1 Das Fidas® System zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus

Über die dargestellten Techniken

- eindeutige Kalibrierkurve (polychromatisches Licht und 90° Streulichtdetektion)
- kein Randzonenfehler (patentierte T-Blenden Technologie)
- Koinzidenzerkennung und Koinzidenzkorrektur (Digitale Einzelpartikelanalyse)

werden folgende entscheidende Vorteile erzielt

- sehr gute Größenauflösung (hohe Anzahl von Rohdatenkanälen)
- sehr gute Größenklassifiziergenauigkeit
- exakte Konzentrationsbestimmung

Zusammenfassend lässt sich sagen:
Nur mit einer sehr guten Größenauflösung und einer sehr guten Größenklassifizier-genauigkeit sowie mit einer exakten Konzentrationsbestimmung kann die Massen-konzentration zuverlässig bestimmt werden.

4.2 Schematischer Aufbau des Fidas® 200 S Messsystems

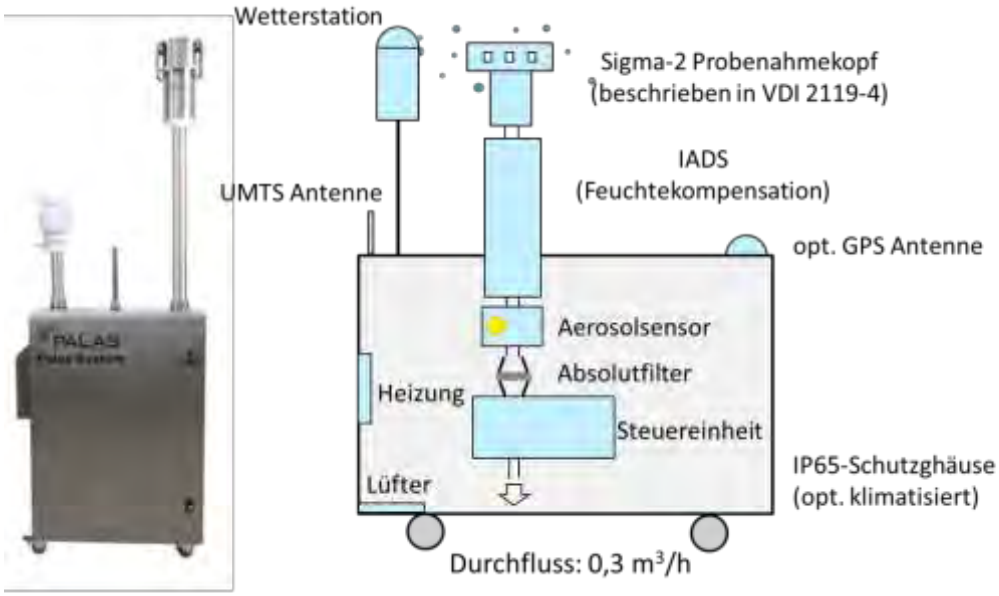
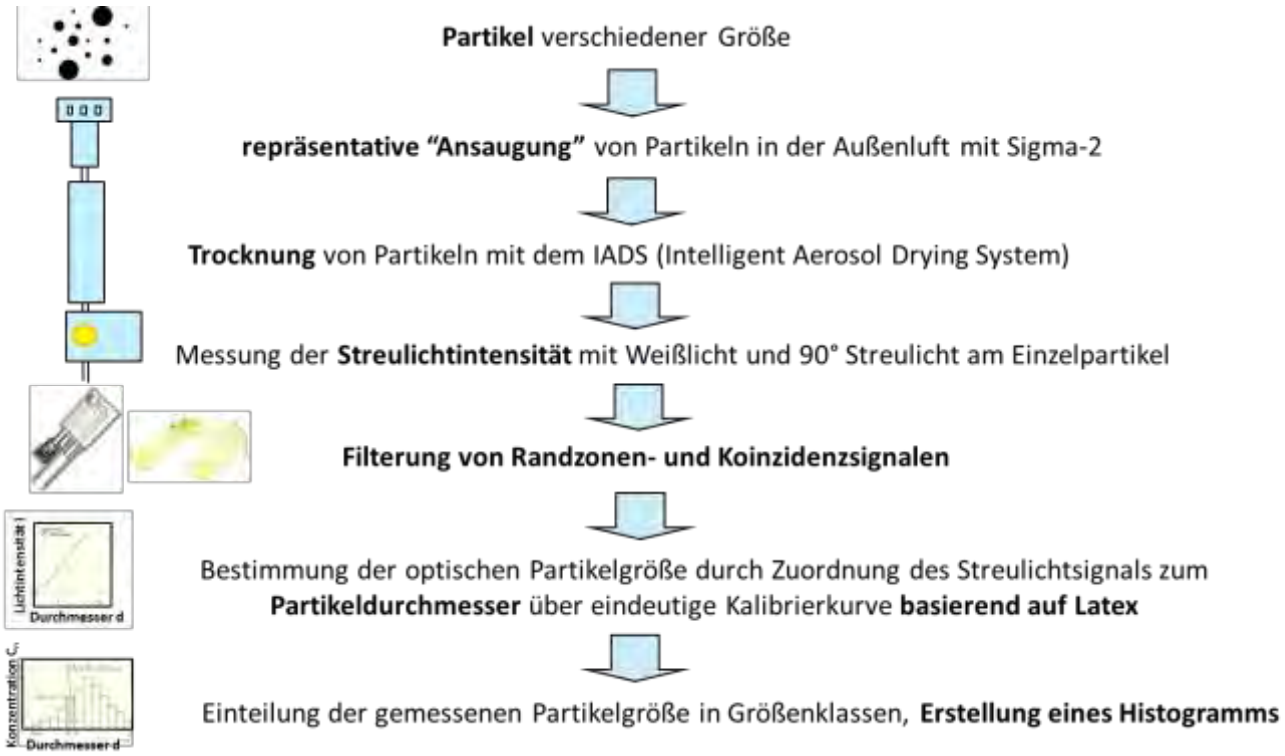


Abbildung 45: Schematischer Aufbau des Fidas® 200 S Messsystems

4.3 Überblick über die einzelnen Messschritte


Partikel verschiedener Größe
repräsentative "Ansaugung" von Partikeln in der Außenluft mit Sigma-2
Trocknung von Partikeln mit dem IADS (Intelligent Aerosol Drying System)
Messung der Streulichtintensität mit Weißlicht und 90° Streulicht am Einzelpartikel
Filterung von Randzonen- und Koinzidenzsignalen
Bestimmung der optischen Partikelgröße durch Zuordnung des Streulichtsignals zum Partikeldurchmesser über eindeutige Kalibrierkurve basierend auf Latex
Einteilung der gemessenen Partikelgröße in Größenklassen, Erstellung eines Histogramms

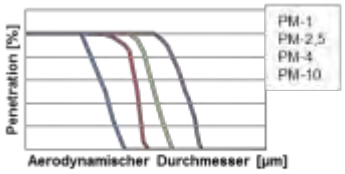
Detektion von Nebel durch Analyse der Verteilungsform, **Rausrechnen der Masse der Nebeltröpfchen**

n_{Umwelt}

Umrechnung der Partikelgrößenverteilung basierend auf dem Latex-Durchmesser in eine **Verteilung basierend auf einen repräsentativen Brechungsindex für die Umwelt**

Umrechnung der Partikelgrößenverteilung basierend auf dem optischen Durchmesser auf eine **Verteilung basierend auf dem aerodynamischen Durchmesser**

Analyse der Verteilungsform, **Bestimmung von Dichteparametern** in Abhängigkeit der Verteilungsform



Übertragung des Abscheideverhaltens der einzelnen PM-Probenahmeköpfe auf die Größenverteilung in Abhängigkeit der Dichteparameter

$$PM = \frac{\sum N(d) \cdot \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d^3 \cdot \rho(d)}{V}$$

Berechnung der Partikelmasse mittels einer größenabhängigen Umwandlungsfunktion in Abhängigkeit von der Form der Verteilung

PM-Wert

Das Fidas® nutzt die gemessene **Partikelgrößeninformation** für die Berechnung folgender Staubwerte:

PM-1[µg/m^3]: Staubanteil kleiner als $d_{50,Aero}$ = 1 µm gemäß US-EPA

P-2,5 [µg/m^3]: Staubanteil kleiner als $d_{50,Aero}$ = 2,5 µm gemäß US-EPA

PM-4 [µg/m^3]: Staubanteil kleiner als $d_{50,Aero}$ = 4 µm

PM-10 [µg/m^3]: Staubanteil kleiner als $d_{50,Aero}$ = 10 µm gemäß US-EPA

PM-Brust [µg/m^3]: Staubanteil, der in die Bronchien gelangt

PM-Lungenbläschen [µg/m^3]: Staubanteil, der in die Lungenbläschen gelangt

PM-einatembar [µg/m^3]: Gesamter einatembarer Staubanteil

PM-gesamt [µg/m^3]: Gemessener Gesamtstaub

Die oben genannten Staubanteile werden durch Anwendung der Durchdringungskurven für standardisierte Probenahmeköpfe der EN-481 (PM-einatembar, PM-Brust und PM-Lungenbläschen) sowie der US-EPA (PM-1, PM-2,5, PM10) errechnet.

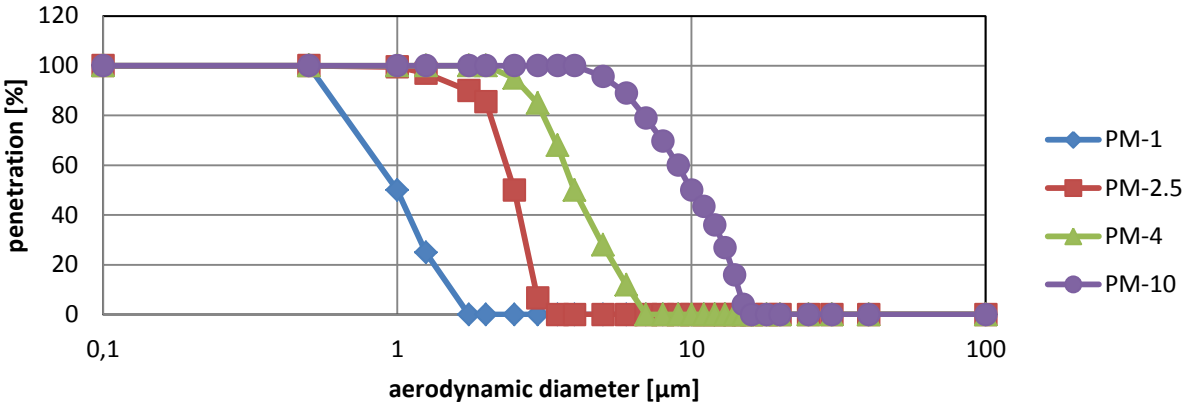


Bild 1: verwendete Durchdringungskurven für PM-1, PM-2.5, PM-4, PM-10 (US-EPA)

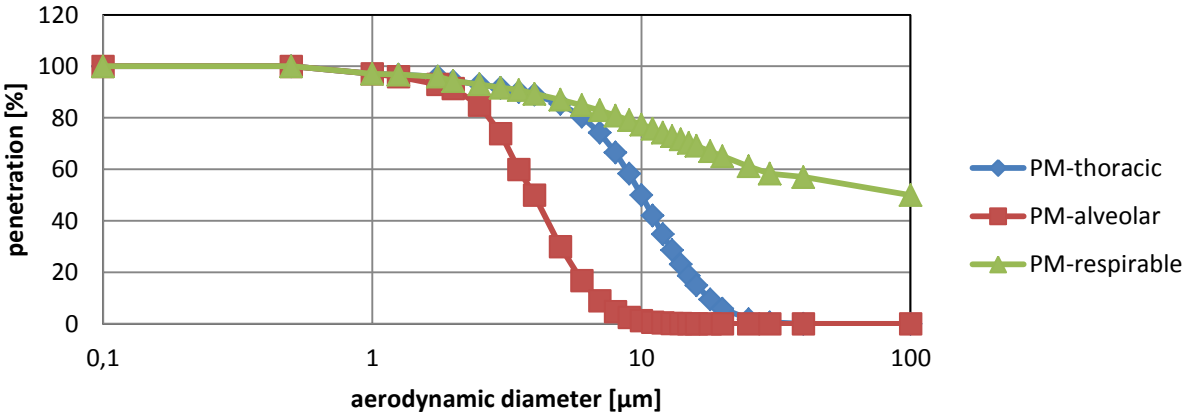


Bild 2: verwendete Durchdringungskurven für Staubmessungen an Arbeitsplätzen im Gesundheitsbereich (EN-481)

Tabelle 1: verwendete Durchdringungen für die Bestimmung der Staubmassenkonzentration

aerodynamischer Durchmesser [µm]	PM-1 [%]	PM-2.5 [%]	PM-4 [%]	PM-10 [%]	PM-Brust [%]	PM-Lungenbläs(„chen) [%]	PM-einatembar [%]
0.1	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100
1	50	99.5	100	100	97.1	97.1	97.1
1.25	25	97	100	100	96.8	96	96.8
1.75	0	90	100	100	96	93	96
2	0	85.5	100	100	94.3	91.4	94.3
2.5	0	50	95	100	93	85	93
3	0	6.7	85	100	91.7	73.9	91.7
3.5	0	0	68	100	90	60	90.8
4	0	0	50	100	89	50	89.3
5	0	0	28	95.7	85.4	30	87
6	0	0	12	89	80.5	16.8	84.9
7	0	0	0	79	74.2	9	82.9

8	0	0	0	69.7	66.6	4.8	80.9
9	0	0	0	60	58.3	2.5	79.1
10	0	0	0	50	50	1.3	77.4
11	0	0	0	43.5	42.1	0.7	75.8
12	0	0	0	36	34.9	0.4	74.3
13	0	0	0	26.9	28.6	0.2	72.9
14	0	0	0	15.9	23.2	0.2	71.6
15	0	0	0	4.1	18.7	0.1	70.3
16	0	0	0	0	15	0	69.1
18	0	0	0	0	9.5	0	67
20	0	0	0	0	5.9	0	65.1
25	0	0	0	0	1.8	0	61.2
30	0	0	0	0	0.6	0	58.3
40	0	0	0	0	0	0	57
100	0	0	0	0	0	0	50

Die oben genannten Staubanteile basieren auf dem aerodynamischen Durchmesser. Der aerodynamische Durchmesser kann wie folgt berechnet werden:

$$x_{aerodynamic} = x \cdot \sqrt{\frac{\rho_{particle}}{1\frac{g}{cm^3} \cdot \chi}}.$$

Generell liegt die Dichte der Partikel $\rho_{particle}$ zwischen 0,7 und 3 g/cm³, der Formfaktor χ zwischen 1 und 1,5. Für die Berechnung der PM-Werte geht das Fidas® von einer Dichte von 1,5 g/cm³ und einem Formfaktor von 1 aus. Diese Werte eignen sich für die meisten Aerosole. Das Fidas® ist jedoch mit einem gravimetrischen Filtersystem ausgestattet, das für die Messung des Korrekturfaktors C verwendet werden kann. Dieses System berücksichtigt auch den Einfluss des Brechungsindex auf die gemessenen PM-Werte. Durch diesen Faktor C werden die PM-Werte wie folgt korrigiert:

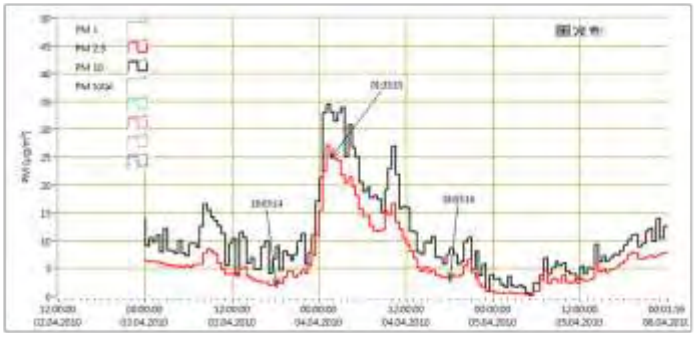
$$PM_{corrected} = C \cdot PM.$$

4.4 Weitere Vorteile

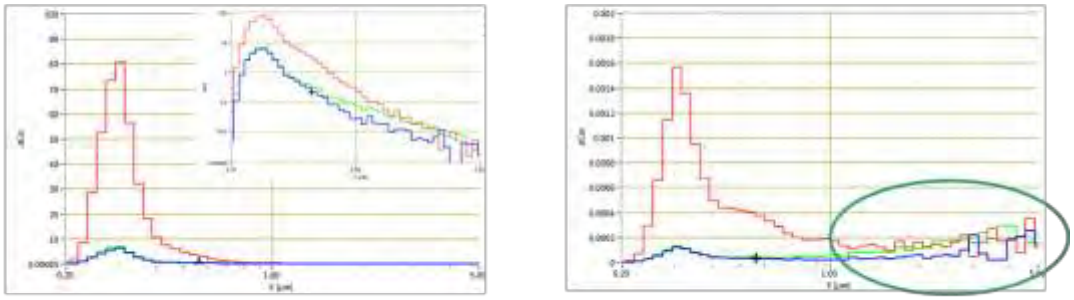
Neben den PM-Fraktionen, die kontinuierlich und simultan ausgegeben werden stehen auch die Daten über die gemessene Partikelanzahlkonzentration und Partikelgrößenverteilung mit einer hohen Zeit- und Größenauflösung (bis zu 128 Größenklassen) zur Verfügung.
Diese zusätzliche Information lässt sich nutzen, um ein „Source Apportionment“ durchzuführen oder um die gesundheitliche Relevanz zu beurteilen (größere Partikel dringen tiefer in den menschlichen Atemtrakt ein).
Abbildung 46 zeigt ein Beispiel aus Wien um die Osterzeit. Im zeitlichen Verlauf der PM-Fraktionen war plötzlich ein erheblicher Anstieg zu sehen, der dann langsam wieder abklang. Eine Untersuchung des Phänomens mit Einbeziehung Partikelgrößenverteilung ergab, dass dies durch einen massiven Anstieg der Anzahlkonzentration sehr kleiner Partikel, wie sie für einen Verbrennungsprozess typisch sind, hervorgerufen wurde.

Tatsächlich ist alljährlich in vielen Städten in Deutschland und Österreich in der Nacht zum Ostersonntag eine deutlich erhöhte Partikelbelastung messbar. Verursacht wird dies durch Osterfeuer – ein Brauch aus alten Zeiten, der dazu dient, den Winter zu vertreiben, zu verbrennen. Die hierbei entstehenden Verbrennungsaerosole beinhalten eine hohe Anzahl an kleinen Partikeln.
Um das Ausbreitungsverhalten von Feinstaub modellieren zu können, ist neben einer hohen Zeitauflösung (technisch machbar mit dem Fidas® System ist eine Zeitauflösung von einer Sekunde) auch die Partikelgrößenverteilung von Bedeutung, da für die Vorhersage der Ausbreitung die physikalischen Eigenschaften der Partikel maßgeblich sind. Aus dem Durchmesser lässt sich z.B. die Sinkgeschwindigkeit und aus der Anzahlkonzentration das Koagulationsverhalten ableiten.

Osterfeuer
Ein Brauch aus alten Zeiten, der dazu dient, den Winter zu vertreiben, zu verbrennen.



Zeitlicher Verlauf der PM-Konzentrationen in der Nacht zum Ostersonntag in Wien



Anzahlgrößenverteilung (links) und Massengrößenverteilung (rechts) des Verbrennungsaerosols des Osterfeuers.
Blau – 3.4.2010 18:03 Uhr, rot – 4.4.2010 1:33 Uhr, grün – 4.4.2010 18:03 Uhr

Abbildung 46: Zusätzliche Information durch Partikelgrößenverteilungen während eines Anstiegs der PM Konzentrationen

4.5 Begriffliche Definitionen

Klassifiziergenauigkeit
Wie exakt ist die Messung des Prüfaerosols? Inwieweit stimmt die ermittelte Partikelgrößenverteilung mit der tatsächlichen Partikelgrößenverteilung des Prüfaerosols überein?

Auflösungsvermögen
Wie hoch ist die Empfindlichkeit des Geräts? Detektiert der optische Partikelzähler auch eng beieinander liegende Partikelgrößen?

Mehrdeutigkeit
Erkennt der optische Partikelzähler die Partikelgrößen im Wellenlängenbereich des Laserlichts eindeutig? In 180° - Vorwärtsstreuung entsteht auch bei Weißlicht ebenfalls Mehrdeutigkeit.

Randzonenfehler
Berücksichtigt das Gerät die durch die Gaußverteilung des Laserlichts entstehenden Abweichungen in den Randbereichen?

Zählwirkungsgrad
Wie viele Partikel des Prüfaerosols werden bei bekannter Konzentration tatsächlich gemessen?

Koinzidenzfehler
Wie sorgen Sie dafür, dass der Lichtimpuls von nur einem Partikel erzeugt wird?

4.6 Auswirkungen der Gerätekenngrößen

- **Randzonenfehler**

Das Korngrößenspektrum wird mit einem zu hohen Feinanteil gemessen. Je breiter das Partikelgrößenspektrum, desto größer der Randzonenfehler.

- **Koinzidenzfehler**

Das Korngrößenspektrum wird zu grob, die Partikelkonzentration wird zu klein gemessen. Laut Definition ist eine 10%ige Koinzidenz während einer Messung erlaubt.

- **Zählwirkungsgrad**

Der untere Zählwirkungsgrad bewirkt eine Verschiebung der Partikelgrößenverteilung hin zu gröberen Partikeln, da der Feinanteil unterbewertet wird. Beim oberen Zählwirkungsgrad wird dementsprechend der Grobanteil unterbewertet.
Die Menge wird falsch bestimmt.

Wird mit mehreren Partikelzählern gemessen, so muss der Zählwirkungsgradunterschied zwischen den eingesetzten Zählern bekannt sein. Nur dann sind die Ergebnisse vergleichbar!

- **Klassifiziergenauigkeit**

Bei Korrelationsmessungen, z. B. mit Impaktoren, wird der Korrelationsfaktor besser, je besser diese Gerätekenngröße ist.
Geräte mit guter Klassifiziergenauigkeit über den gesamten Messbereich liefern zuverlässige Verteilungen.

- **Auflösungsvermögen**

Bei Korrelationsmessungen, z. B. mit Impaktoren, wird der Korrelationsfaktor besser, je besser diese Gerätekenngröße ist. Geräte mit hohem Auflösungsvermögen können auch eng beieinander liegende bi- und trimodale Verteilungen messen.

5 Sicherstellen korrekter Messbedingungen

Das Messergebnis, d. h. die ermittelte Partikelgrößenverteilung der Einzelmessungen, kann unter ungünstigen Messbedingungen stark von den real vorhandenen, im Aerosolstrom gegebenen Werten abweichen.

Achten Sie deshalb auf:
- Repräsentative Probenahme
- Isokinetische Probenahme
- Minimale Partikelverluste durch den Aerosoltransport
- Kein Koinzidenzfehler

Beachten Sie: Zu diesen Themen bietet Palas® regelmäßig Schulungen an.

Grundsätzlich kann das Fidas® System nur das messen und darstellen, was es in seinem optischen Messvolumen registriert hat. Das bedeutet, dass der Probenahmestrom des Aerosols möglichst unverfälscht dorthin geführt werden sollte.
Dazu sollten folgende Punkte beachtet werden:
- kurze Leitungen für das Aerosol
- möglichst Leitungen aus Metall, auf keinen Fall längere Kunststoffschläuche (starke Partikelabscheidung wegen elektrostatischer Aufladung)
- vertikale Aerosolführung, da große Partikel (größer 5 µm) sedimentieren bzw. das Aerosol sich entmischt

Grundsätzlich darf sich bei allen zählenden Streulichtmessverfahren im optisch abgegrenzten Messvolumen im Aerosolsensor zur gleichen Zeit immer nur ein einzelnes Partikel befinden, da das Streulicht des Einzelpartikels für die Ermittlung der Partikelgröße ausgewertet wird.

Befinden sich mehr als ein Partikel im Messvolumen, so werden diese Partikel als ein Partikel registriert, d. h. das Partikel wird zu groß und die Anzahl zu klein gemessen.

Zur korrekten Messung muss verdünnt werden. Die Palas® Verdünnungssysteme haben sich hierfür in der Praxis bestens bewährt. Die Palas® Verdünnungssysteme können zudem auch beheizt werden und in Über- und Unterdruck-Betrieb verwendet werden.

Wird mit einer Verdünnung korrekt gemessen, so liefert diese Messung im Vergleich zu einer koinzidenzbehafteten Messung eine feinere Partikelgrößenverteilung und eine höhere Partikelkonzentration als Ergebnis. Der gemessene Abscheidegrad mit Koinzidenzfehler ist immer schlechter als bei richtiger Messung.

Die hier gegebenen Hinweise sind sicher nicht in jedem Fall ausreichend, um eine korrekte Messung sicherzustellen. Bei besonderen Problemen wenden Sie sich bitte direkt an Palas®.

6 Technische Daten Fidas® System:

Messvolumengröße BxTxH	262 µm x 262 µm x 164 µm	
Maximalkonzentration für 10 % Koinzidenzfehler	In die Steuereinheit integrierter Sensor max. Konzentration bis zu 4.000 P/cm³	
Maximalkonzentration mit Koinzidenzerkennung und Koinzidenzkorrektur	20.000 P/cm^3	
Maximalkonzentration (Masse)	10.000 µg/m^3	
Kommunikation zwischen Steuereinheit und Auswerterechner	RS-232 (Bayern-Hessen, ASCII oder Modbus) Ethernet (UDP ASCII, TeamViewer, etc.)	
Probenvolumenstrom	1,4 l/min SATP (Modell Fidas® mobile) 4,8 l/min SATP (Modelle 100 und 200) 2,3 m^3/h SATP (Modelle 300)	
Reinigung	Die Gehäuse können mit nicht aggressivem Waschmittel (z.B. Geschirrspülmittel) oder Spiritus gereinigt werden. Reinigung der optischen Teile: siehe Wartung	
Netzanschluss: s. Typenschild! Versorgungsspannung Netzsicherung	230 V, +/-10% 2 Stück T 2 A / 250 V	115 V, +/-10% 2 Stück T 4 A / 130 V
Leistungsaufnahme Netzfrequenz	200 W 47-63 Hz	
Umgebungsbedingungen	Temperaturbereich -20 °C bis 50 °C (Fidas® 200 S) Schallemission des Gerätes << 85 dBA	
Abmessungen (HxBxT)	Steuereinheit inkl. eingebautem Sensor: 185 mm x 450 mm x 320 mm Wetterschutzgehäuse mit IADS und Wetterstation: 1810 mm x 600 mm x 400 mm	
Gewicht	Steuereinheit inkl. eingebautem Sensor: 9,3 kg Wetterschutzgehäuse mit IADS, Sigma-2 und Wetterstation: 48 kg	

Technische Änderungen vorbehalten

7 Anhänge:

7.1 IP-65 Wetterschutzgehäuse für Fidas® Systeme:

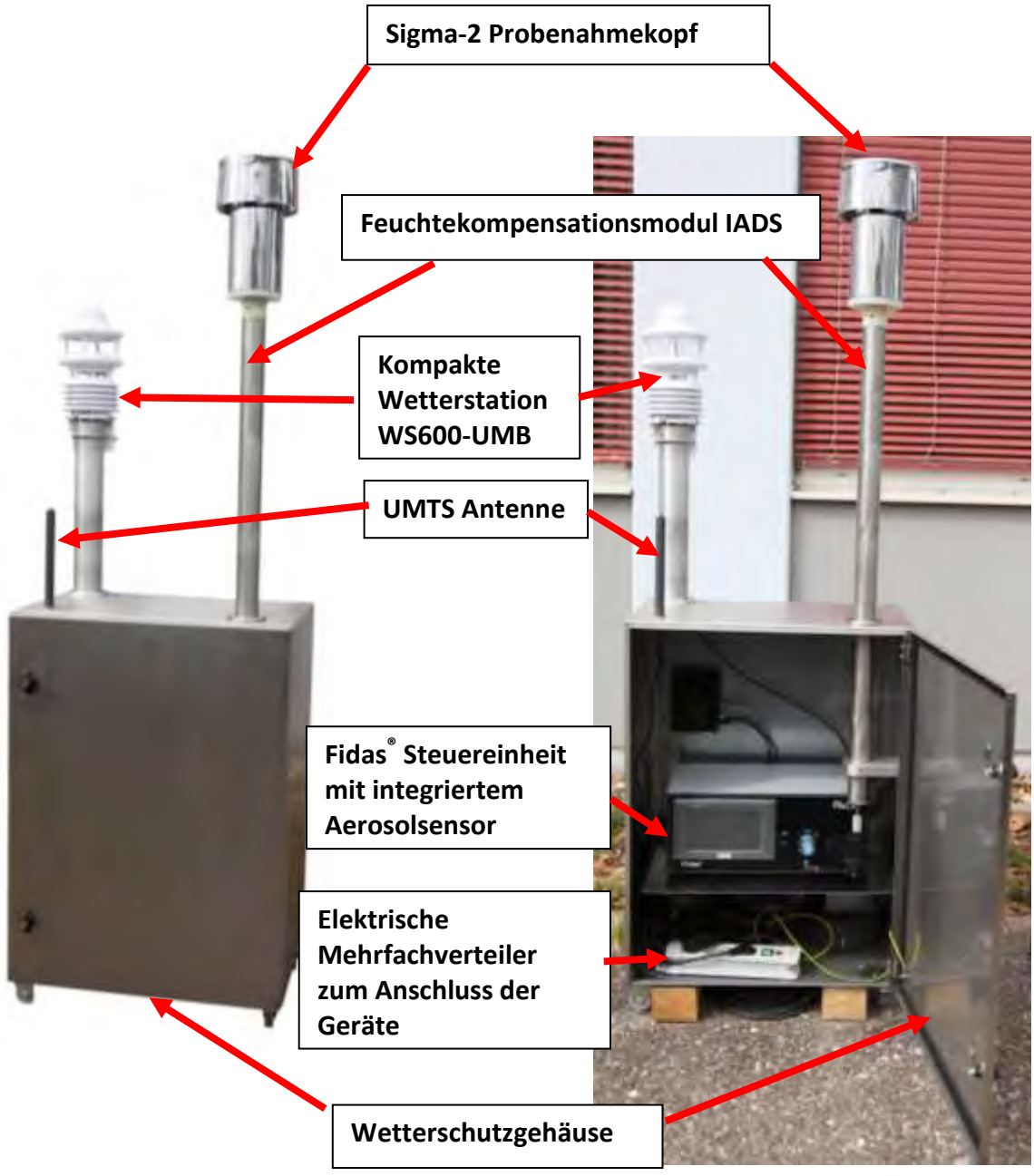


Abbildung 42: Wetterschutzgehäuse geschlossen

Abbildung 43: Wetterschutzgehäuse offen

7.2 Feuchtekompensationsmodul IADS

Bei hoher Außenfeuchtigkeit kondensiert Wasser auf die Partikel auf und verfälscht somit die Partikelgröße. Dieser Effekt wird durch den Einsatz des Feuchtekompensationsmoduls IADS vermieden.

Das IADS wird geregelt in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit (gemessen mit Wetterstation).
Die Minimaltemperatur beträgt 23°C. Maximaltemperatur des IADS beträgt 24°C über Außentemperatur bei einer Heizleistung von maximal 90 Watt.

Das Feuchtekompensationsmodul IADS wird mit einem Adapter an den Aerosolsensor des Fidas® Systems angeschlossen. Bei der Reinigung des Fidas® Aerosolsensors wird der Adapter nach unten geschoben, sodass das Feuchtekompensationsmodul IADS komplett nach oben geschoben werden kann und der Aerosoleingang des Fidas® Sensors frei zugänglich ist.

Die Steuerung des Feuchtekompensationsmoduls erfolgt über die Fidas® Firmware (siehe hierzu die Bedienungsanleitung Fidas® Firmware).

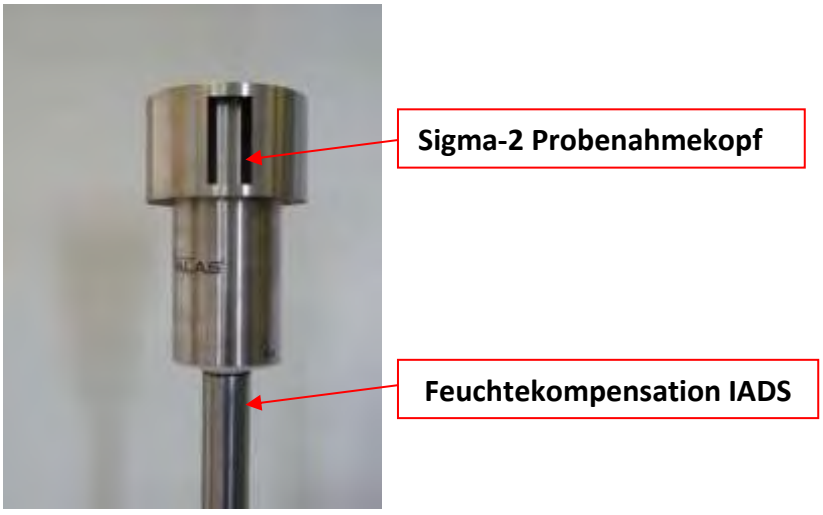


Abbildung 44: Sigma-2 Probenahmekopf

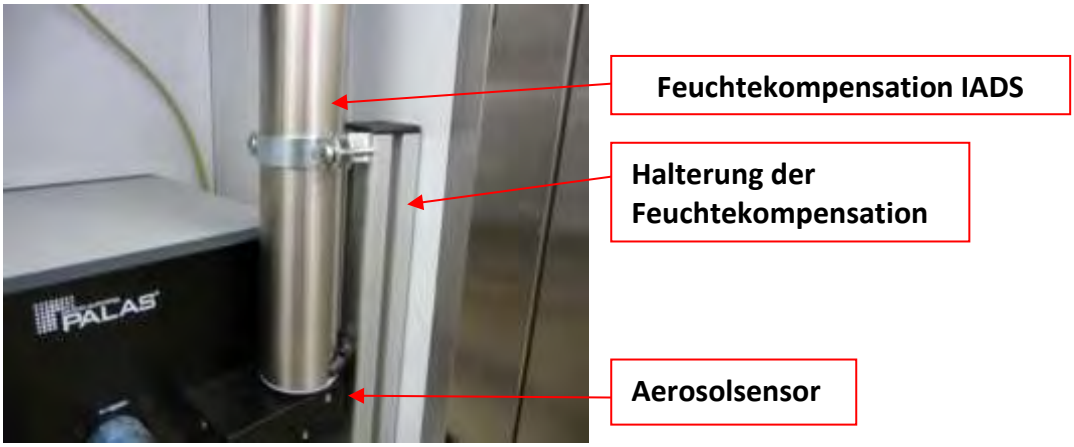


Abbildung 45: Fidas® Steuereinheit, Aerosolsensor mit IADS

7.3 Sigma-2 Probenahmekopf

Sigma-2 Probenahmekopf nach VDI 2119-4 für weitgehend windunabhängige Messungen wird einfach auf den Eingang des Fidas® Sensors gesteckt oder aber, falls vorhanden, auf die Trockenstrecke IADS aufgesteckt und an der Feststellschraube mittels eines Inbusschlüssels fixiert.

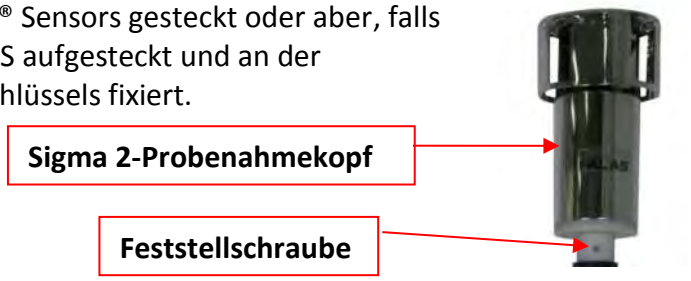


Abbildung 46: Sigma-2 Probenahmekopf

Zur Kontrolle sollte der Sigma-2 Kopf alle drei Monate (in Zusammenhang mit der Kalibrierung) auf Grobschmutz überprüft werden.

7.4 Kompakte Wetterstation WS600-UMB

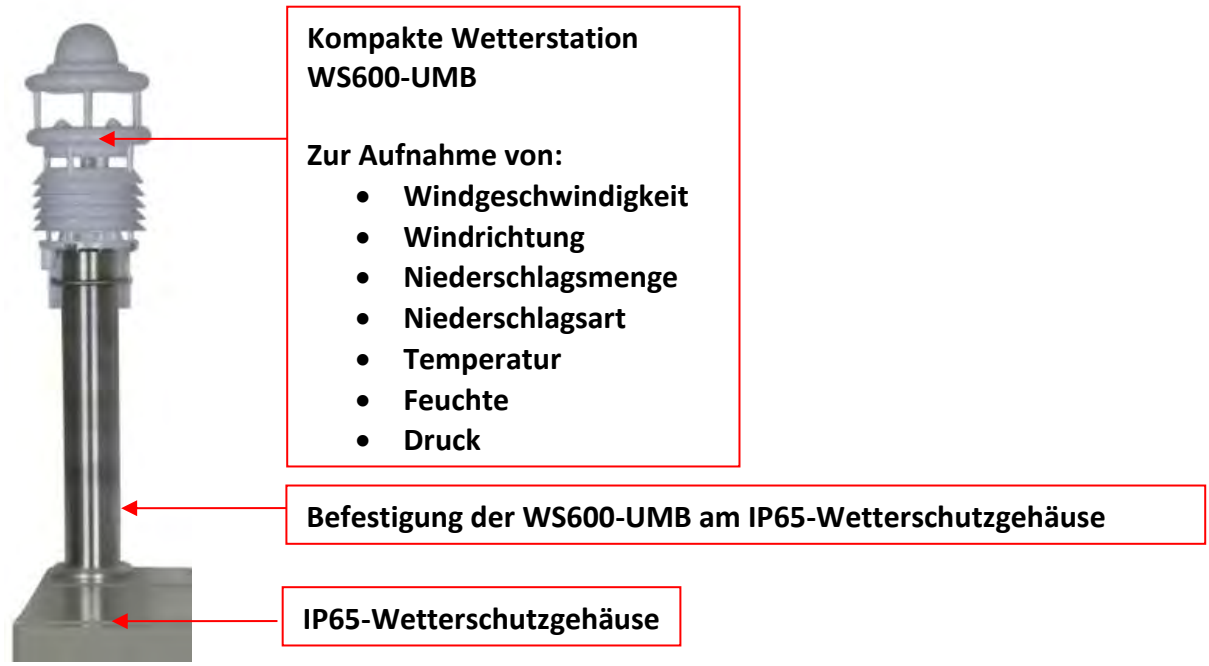


Abbildung 47: Kompakte Wetterstation WS600-UMB

Die Wetterstation WS600-UMB wird über die Fidas® Firmware ausgelesen (siehe hierzu die Bedienungsanleitung Fidas® Firmware).

Besondere Merkmale:

- All in One
- Ventilierter Strahlenschutz
- Wartungsfreies Messverfahren
- Offenes Kommunikationsprotokoll

Beschreibung Ländervariante: EU, USA, Kanada

WS600-UMB Kompaktwetterstation zur Messung von Lufttemperatur, relativer Feuchte, Niederschlagsintensität, Niederschlagsart, Niederschlagsmenge, Luftdruck, Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Die relative Feuchte wird mittels eines kapazitiven Sensorelements erfasst, die Lufttemperatur mit einem präzisen NTC-Messelement. Die Niederschlagsmessung erfolgt mittels eines 24 GHz-Dopplerradars. Gemessen wird die Tropfengeschwindigkeit jedes einzelnen Tropfens (Regen/Schnee). Anhand der Korrelation von Tropfengrösse und -geschwindigkeit werden Niederschlagsmenge bzw. -intensität ermittelt. Die Art des Niederschlages (Regen/Schnee) wird durch die unterschiedliche Fallgeschwindigkeit bestimmt. Ein großer Vorteil gegenüber den gängigen Kipplöffel- bzw. Kippwaagen- Verfahren besteht in der wartungsfreien Messung. Die Windmessung erfolgt mit Ultraschall-Sensorik. Die Messdaten stehen in Form eines Standard-Protokolls (Lufft-UMB-Protokoll) zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung.

7.4.1 Technische Daten der WS600-UMB

Abmessungen	Ø ca. 150mm, Höhe ca. 345mm
Gewicht	ca. 2,2kg
Schnittstelle	RS485, 2-Draht, halbdublex
Spannungsversorgung	24 VDC ±10% <4VA (ohne Heizung)
zul. Betriebstemperatur	-50...60°C
zul. rel. Feuchte	0...100% r.F.
Heizung	40VA bei 24VDC
Kabellänge	10m
Sensor für Temperatur:	
Prinzip	NTC
Messbereich	-50 .. 60 °C
Einheit	°C
Genauigkeit	±0,2°C (-20...50°C), sonst ±0,5°C (>-30°C)
Sensor für Rel. Feuchte:	
Prinzip	kapazitiv
Messbereich	0 .. 100 % r.F.
Einheit	% r.F.
Genauigkeit	±2% r.F.
Sensor für Luftdruck:	
Prinzip	MEMS kapazitiv
Messbereich	300 .. 1200 hPa
Einheit	hPa
Genauigkeit	±1,5hPa
Sensor für Windrichtung:	
Prinzip	Ultraschall
Messbereich	0 .. 359.9 °
Einheit	°
Genauigkeit	±3°
Sensor für Windgeschwindigkeit:	
Prinzip	Ultraschall
Messbereich	0 .. 60 m/s
Einheit	m/s
Genauigkeit	±0,3m/s oder 3% (0...35m/s)
Sensor für Niederschlagsmenge:	
Auflösung	0.01 mm
Reproduzierbarkeit	typ.>90%
Messbereich Tropfengröße	0,3...5mm
Niederschlagsart	Regen/Schnee
Zubehör der WS600-UMB Kompaktwetterstation:	
UMB Schnittstellenkonverter ISOCON	
Mast 4,5m feuerverzinkt kippbar	
Netzteil 24V/4A	

8 Feedback-Formular

Um unsere Bedienungsanleitungen kontinuierlich zu verbessern, bitten wir Sie, diesen Fragebogen auszufüllen und an uns zurückzuschicken. Vielen Dank für Ihr Feedback!

Wie Sie uns erreichen:
Adresse: Greschbachstraße 3 b, 76229 Karlsruhe, Deutschland
Telefon: +49 721 96213-0 Fax: +49 721 96213-33 E-Mail: mail@palas.de

Diese Auswertung betrifft: Fidas Feinstaubmonitorsystem, V0060913

Bitte teilen Sie uns Ihre Kontaktdaten mit:
Firma:_____
Name: _____
Adresse:_____
Telefonnummer oder E-Mail: _____

Waren die Anleitungen deutlich formuliert und leicht verständlich?
☐ ja ☐ nein
Falls nein, bitte präzisieren Sie hier: _____
_____

Haben Ihnen Informationen gefehlt?
☐ ja ☐ nein
Falls ja, bitte präzisieren Sie hier: _____
_____

Waren Sie mit dem Aufbau der Bedienungsanleitung zufrieden? Haben Sie die gesuchten Informationen schnell gefunden?
☐ ja ☐ nein
Falls nein, bitte präzisieren Sie hier: _____
_____

Waren Sie bei technischen Problemen mit dem Telefonservice zufrieden?
☐ ja ☐ nein
Falls nein, bitte präzisieren Sie hier: _____
_____

Hier können Sie uns mitteilen, was Ihnen sonst noch wichtig und hilfreich erscheint:
_____
_____
_____
_____
_____
_____

PALAS GmbH
Partikel- und Lasermesstechnik
Greschbachstrasse 3b
76229 Karlsruhe

Phone +49 (0)721 96213-0
Fax +49 (0)721 96213-33
mail@palas.de
www.palas.de

Bedienungsanleitung

PDAnalyze Software

Für die Geräte der

Fidas® Serie

INHALTSVERZEICHNIS

1. ÜBERBLICK 3

2. INBETRIEBNAHME DER PDANALYZE-FIDAS SOFTWARE 3

2.1 Installation von der CD oder vom USB-Stick 3
2.2 Installation vonder Palas® Internetseite 3

3. AUSFÜHREN DER PDANALYZE SOFTWARE 5

4. LINKER BEREICH DER PDANALYZE-FIDAS SOFTWARE - "FILES", "INTERVALS" 7

4.1 Reiter "files" 7
4.2 Reiter"intervals" 9

5. RECHTER BEREICH DER PDANALYZE-FIDAS – ANZEIGE UND AUSWERTUNG DER DATEN . 10

5.1 Reiter "PM data" 10
5.2 Reiter "internal sensors" 13
5.3 Reiter "filter" 14
5.4 Reiter "operating parameter" 15
5.5 Reiter "comments" 16
5.6 Reiter "weather station" 17
5.7 Reiter "heating units" 18
5.8 Reiter "settings" 19
5.9 Reiter "status" 20
5.10 Reiter "specific intervals" 21
5.11 Reiter "algorithm" 22

6. FEEDBACK-FORMULAR 24

1. Überblick

Die PDAnalyze-Fidas Software ist eine leistungsfähige Software zur Auswertung der Daten des Fidas® Feinstaubmesssystems.

Bitte beachten: Verwechseln Sie bitte diese Software, die speziell für die Fidas® Systeme entwickelt wurde, nicht mit der **PDAnalyze Software** für unsere Aerosolspektrometersysteme (z. B. Promo®) und Nanopartikelmesssysteme (z. B. UF-CPC, U-SMPS).

2. Inbetriebnahme der PDAnalyze-Fidas Software

2.1 Installation von der CD oder vom USB-Stick

Im Verzeichnis Software PC/Software PDAnalyze sind die folgenden Ordner vorhanden:

Abb.: 1: Software Ordner auf der mitgelieferten CD oder auf dem USB-Stick

Bitte führen Sie zuerst die setup.exe im Ordner “Runtime Installer” aus, um die benötigten LabView Komponenten zusammen mit einer Version der PDAnalyze Software zu installieren (weitere Informationen zur Software PDAnalyze für unsere Partikelmesssysteme finden Sie in der Bedienungsanleitung „PDAnalyze Software“).
Bitte kopieren Sie dann die Dateien im Ordner „PDAnalyze Fidas“ in ein von Ihnen ausgewähltes Verzeichnis auf Ihrem Computer.

Bitte beachten: Vergewissern Sie sich bitte, dass Sie über Lese-, Schreib- und Löschrechte des Verzeichnisses verfügen, in das Sie die Dateien kopieren möchten. Ansonsten kann es sein, dass die PDAnalyze-Fidas Software nicht korrekt funktioniert.

2.2 Installation von der Palas® Internetseite

Bitte loggen Sie sich in den passwortgeschützten Benutzerbereich auf der Palas® Internetseite ein.

Abb.: 2: Einloggen auf der Palas® Internetseite

Falls Sie noch keinen Zugang zu unserem Benutzerbereich haben, müssen Sie sich zuerst als Benutzer registrieren („Register user“) und einen Benutzernamen, Passwort und Ihre E-Mail-Adresse eingeben. Ihre Registrierungsanfrage wird dann automatisch an den Palas® Administrator geschickt. Nach Prüfung Ihrer Registrierungsanfrage erhalten Sie eine E-Mail mit der Information, dass Ihr Zugang nun freigeschaltet ist. Bitte beachten Sie, dass es bis zu zwei Werktage dauern kann, bis Ihr Zugang freigeschaltet ist.
Im Benutzerbereich wählen Sie den Menüpunkt „Software Updates“ und dann den Ordner „PDAnalyze and PDAnalyze Fidas“. In diesem Unterordner wählen Sie dann PDAnalyze-Fidas aus und es erscheinen die folgenden Dateien:

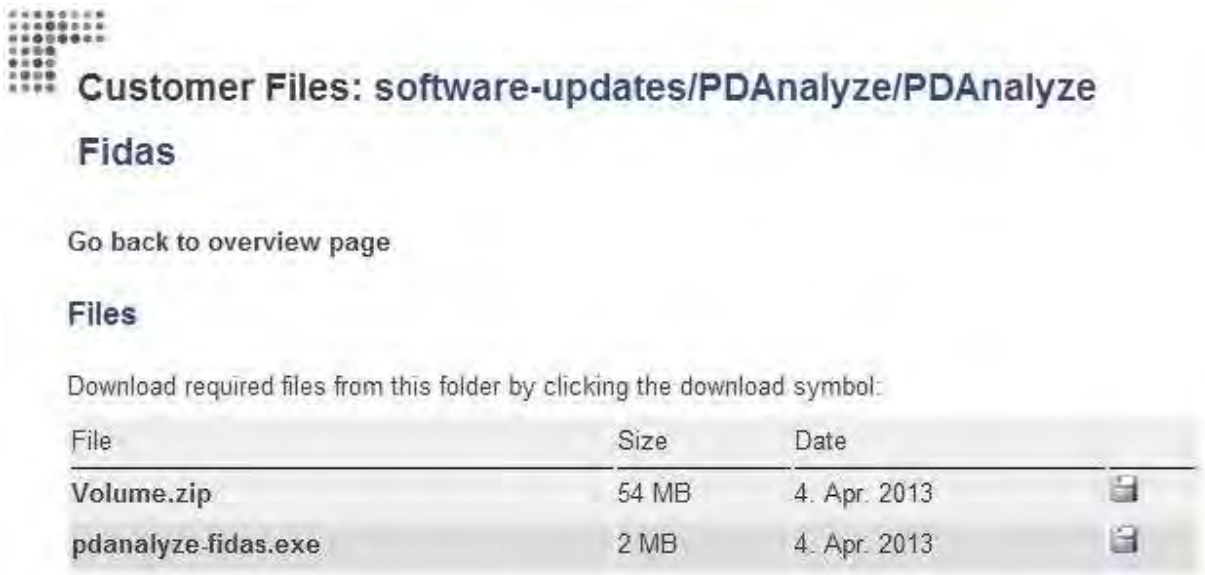


Abb.: 3: Installation der PDAnalyze-Fidas Software von der Palas® Internetseite

Bitte laden Sie sich zuerst die Datei Volume.zip auf Ihren Rechner und entpacken diese. Dann führen Sie die setup.exe aus, um die benötigten LabView Komponenten zusammen mit einer Version der PDAnalyze Software zu installieren (weitere Informationen zur Software PDAnalyze für unsere Partikelmesssysteme finden Sie in der Bedienungsanleitung „PDAnalyze Software“). Danach laden Sie sich bitte die pdanalyze-fidas.exe in ein von Ihnen ausgewähltes Verzeichnis auf Ihrem Rechner.

Bitte beachten: Vergewissern Sie sich bitte, dass Sie über Lese-, Schreib- und Löschrechte des Verzeichnisses verfügen, in das Sie die Dateien kopieren möchten. Ansonsten kann es sein, dass die PDAnalyze-Fidas Software nicht korrekt funktioniert.

3. Starten der PDAnalyze Software

Bitte führen Sie die **pdanalyze-fidas.exe** aus, um die Datenauswertungssoftware zu starten.

Die PDAnalyze-Fidas Software ist die geeignete Datenauswertungssoftware für die Fidas® Feinstaubmesssysteme:

- Fidas® mobile
- Fidas® 100
- Fidas® 200 und 200 S
- Fidas® 300 und 300 S

Abbildung 4 zeigt den Hauptbildschirm, der beim Start der Software angezeigt wird. Er ist in zwei Bereiche untergliedert. Im linken Bereich sind die folgenden zwei Reiter zu sehen:

- Dateien — wählt den Dateiort und das Durchschnittsintervall aus und welche Dateien importiert werden sollen
- Intervalle — zeigte die Dateien an, untergliedert in aktuelle Durchschnittsintervalle

Der rechte Bereich ist der Datenanzeige und –Auswertung vorbehalten und ist in die folgenden elf Reiter unterteilt:

- PM data — zeigt und exportiert die Daten nach PM-Werten
- Internal sensors — zeigt Feuchtigkeits-, Temperatur- und Luftdruck-Daten an (nur wenn ein entsprechender Sensor verbunden ist)
- Filter — zeigt die Historie der Filterwechsel mit den eingegebenen Daten an (nicht verfügbar beim Fidas® mobile und nur wenn die Filter manuell eingesetzt und gewechselt wurden)
- Operating parameter — zeigt die Partikelgeschwindigkeit, Pumpenleistung, LED-Temperatur und den Durchfluss an
- Comments — zeigt Kommentare an, wenn diese während einer Messung eingegeben wurden
- Weather station — zeigt Wetterstationsdaten an
- Heating units — zeigt die eingestellten und gemessenen Temperaturen der IADS etc. an
- Settings — zeigt die Betriebseinstellungen des Gerätes an (gleicher Bildschirm wie auf dem Gerät selbst)
- Status — zeigt den Status des Gerätes an
- Specific intervals — stellt individuell die benutzerdefinierten Intervalllängen ein, z. B. wenn die Auswerteprozedur besondere Intervalle erfordert
- algorithm — wählt den Algorithmus aus, der für die Auswertung der Daten genutzt wird. Benutzerdefinierte Algorithmen für besondere Umstände (z. B. Aufstellen des Geräts in

der Nähe einer Zementfabrik) können erstellt und angewendet werden)

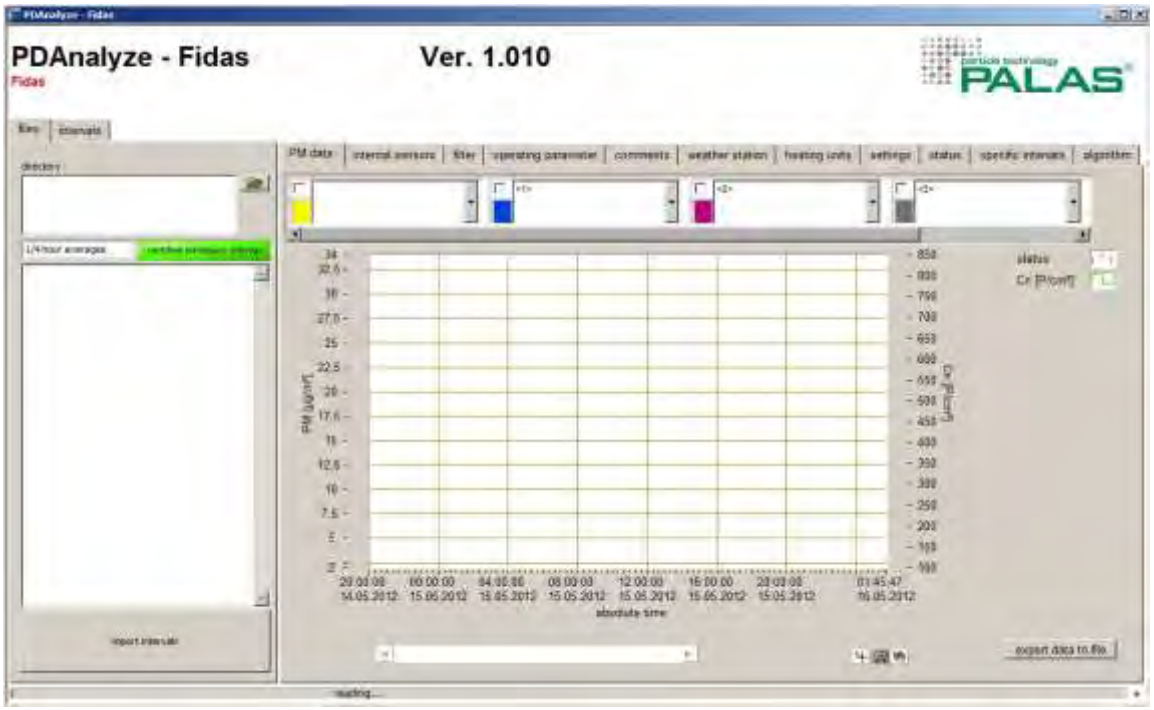


Abb.: 4: Hauptbildschirm der PDAnalzye-Fidas Auswertungssoftware

4. Linker Bereich der PDAnalyze-Fidas Software - “files”, “intervals”

4.1 Reiter “files”

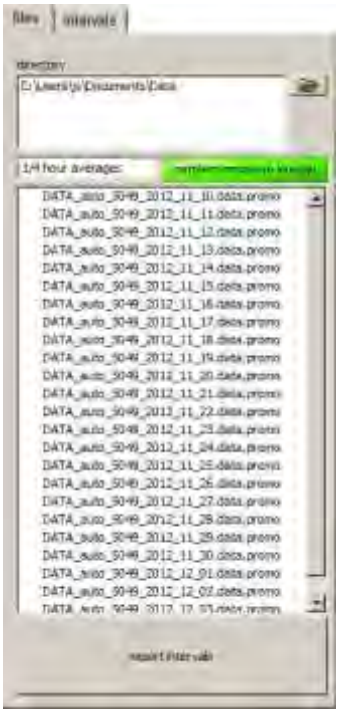


Abb.: 5: Reiter “Dateien”

Im oberen Bereich kann der Speicherort der Dateien ausgewählt werden. Bitte klicken Sie das Menüverzeichnis an und wählen den Ordner aus, in dem die Dateien gespeichert sind. Bestätigen Sie dann die Auswahl mit „select folder“. Im unteren Bereich werden dann alle Dateien aufgelistet, die in diesem Verzeichnis abgespeichert sind (siehe Abbildung 5).

Standardmäßig ist das Auswerteintervall auf ¼-stündige Durchschnittswerte eingestellt, welches dem zertifizierten Immissionsintervall entspricht. Nur wenn dieser Intervall ausgewählt ist, erscheint die grüne Nachricht „certified immission interval“. Abbildung 6 zeigt die anderen Auswahlmöglichkeiten an:

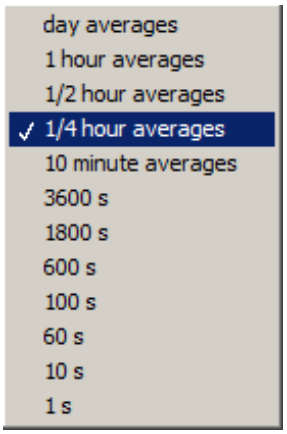


Abb.: 6: Auswahlmöglichkeiten an Durschnittsintervallen

Nach Auswahl des Durchschnittsintervalls müssen Sie dann die Dateien auswählen. Bitte wählen Sie eine Datei durch Anklicken mit der linken Maustaste aus, mehrere Dateien können durch die Tasten-/Mauskombination ‘Strg’+linker Mausklick ausgewählt werden.

Sobald die Dateien ausgewählt wurden, klicken Sie bitte auf “import intervals” um die Daten zur Auswertung zu laden.

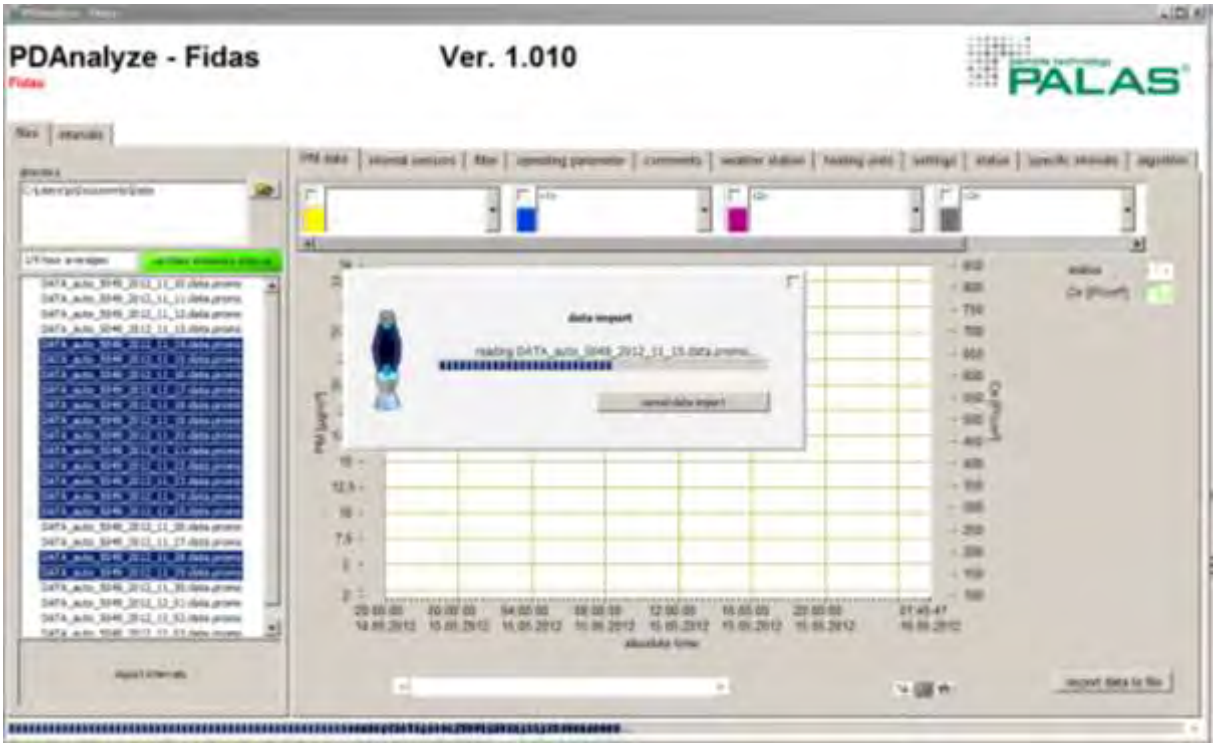


Abb.: 7: Import der ausgewählten Dateien mit den ausgewählten Durchschnittsintervallen

Wenn alle ausgewählten Dateien importiert wurden, zeigt die Software das folgende Ergebnis neben der Versionsnummer der Software an:

Abb.: 8: Ergebnis des Datenimports

Bitte beachten: Wenn Sie die PDAnalyze-Fidas Software zum ersten Mal benutzen, kann es sein, dass Sie bei Anklicken von „import intervals“ aufgefordert werden einen Algorithmus auszuwählen. Bitte wählen Sie dann einen Algorithmus aus (siehe Abbildung 5.11) und fahren wie beschrieben fort.

4.2 Reiter “intervals”

Abb.: 9: Reiter “intervals”

In diesem Reiter können die Dateien für die folgenden Anzeige- und Auswerteoptionen (Reiter im rechten Bereich) ausgewählt werden.
Die Intervalle werden im folgenden Format angezeigt:
Datum (tt.mm.jjj) – Startzeit Intervall – Länge des Intervalls in Sekunden / Anzahl der Originaldaten – Status des Geräts

Der Status des Gerätes kann wie folgt sein:

a	auto mode	Standardbetriebsmodus des Gerätes
c	calibration mode	während der Kalibrierung/Überprüfung des Gerätes werden die Daten automatisch als “c” markiert und fließen nicht in die Auswertung mit ein
i	idle	Das Gerät befindet sich im Leerlauf, d. h. es misst keine Daten
m	manual mode	Das Geräte befindet sich im manuellen Modus

Wenn das Gerät in einer Umgebung mit hohen Konzentrationen eingesetzt wird und die Koinzidenz signifikant wird, werden die Intervalle mit dem Symbol “**ø**” gekennzeichnet.

Die letzte Zeile in dieser Liste (Bereich erster Intervall – letzter Intervall) beinhaltet alle Intervalle und kann ausgewählt werden, wenn alle Daten ausgewertet und angezeigt werden sollen.

5. Rechter Bereich der PDAnalyze-Fidas Software – Anzeige und Auswertung der Daten

5.1 Reiter “PM data”

Bitte wählen Sie die Daten aus, die angezeigt werden sollen. Hierfür gibt es verschiedene Auswahlmöglichkeiten:

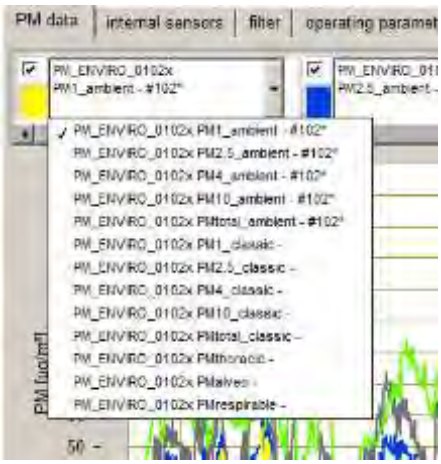


Abb.: 10: Bitte wählen Sie aus, welche Daten angezeigt werden sollen

Anmerkung: **PMxxx_ambient** nutzt einen größenabhängigen und gewichteten Konvertierungsalgorithmus von der Partikelgröße und –Anzahl zu den PM-Werten. Dieser Konvertierungsalgorithmus basiert auf vielen Vergleichsmessungen von Aerosolen an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Jahreszeiten und befindet sich zurzeit in der TÜV-Zertifizierung.

PMxxx_classic nutzt eine feste Dichte um die Partikelgröße und –Anzahl in PM-Werte umzuwandeln. Diese Einstellung sollte grundsätzlich verwendet werden, wenn ein bekanntes Aerosol ausgewertet wird (z. B. ein Aerosol, das mit einem Generator erzeugt wurde, bitte kontaktieren Sie Palas®, um Empfehlungen für geeignete Aerosolgeneratoren für bestimmte Anwendungen zu erhalten).

PMthoracic, PMalveo, PMrespirable nutzt Konvertierungsalgorithmen von der Partikelgröße und –Anzahl zu den PM-Werten, die auf der DIN EN 481:1993 „Arbeitsplatzatmosphäre - Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel” basieren.

Nachdem die Auswahl getroffen wurde, werden die Daten in der folgenden Grafik dargestellt.

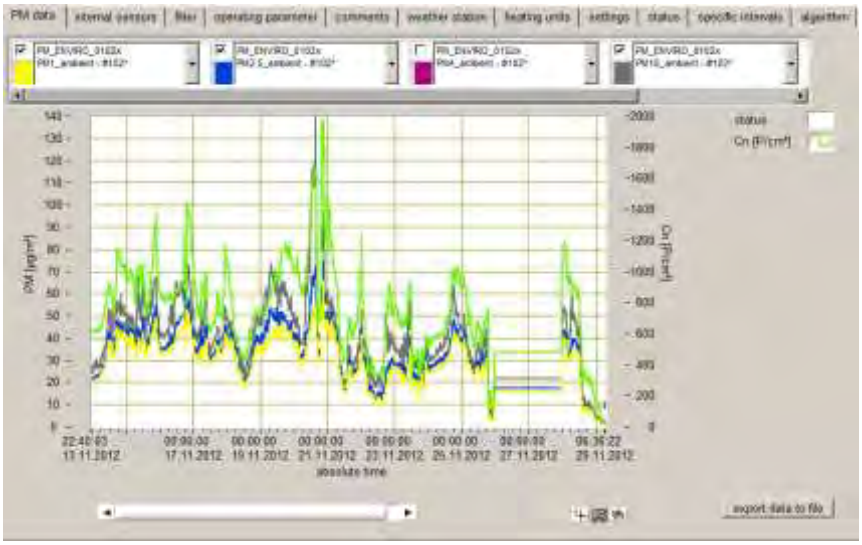


Abb.: 11: Reiter “PM data”

Nachdem eine Auswahl in den Kästchen oberhalb der Grafik getroffen wurde, zeigt Abbildung 11 die entsprechenden Daten an. Die Anzahlkonzentration wird immer in der Farbe Grün angezeigt (Die Werte beziehen sich auf die rechte Achse).
Wenn Sie die Kurve mit der Anzahlkonzentration entfernen möchten, klicken Sie bitte mit der rechten Maustaste auf das Kästchen neben “Cn” [P/cm^3], d. h. auf das Kästchen mit den grünen Strichen. Im Kontextmenü wählen Sie dann “Colour” (zweiter Menüpunkt von oben), dann wählen Sie “T” für transparente Farbe (siehe Abbildung 12). Dies entfernt die grüne Kurve aus der Grafik.

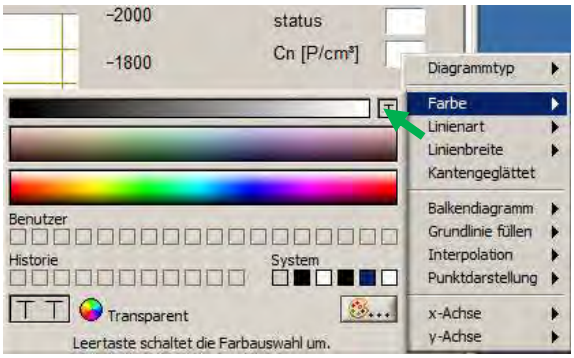


Abb.: 12: Entfernen der Kurve für die Anzahlkonzentration “Cn” aus der Grafik

Bitte beachten: Wenn ein Fehler während den Messungen auftritt, erscheint eine rote vertikale Linie in der Grafik genau zu dem Zeitpunkt, an dem der Fehler auftrat. Wenn der Fehler andauert, wird die Datenanzeige hinter mehreren roten Linien verdeckt. In diesem Fall können Sie die roten Linien auf die gleiche Art und Weise entfernen, wie Sie die Kurve für die Anzahlkonzentration entfernen, durch Ändern der Farbe in transparent.

Wenn Sie die Grafik anklicken und den Mauszeiger nach links bewegen, können Sie in die Daten zoomen. Mit dem Schieberegler unterhalb der Grafik können Sie durch die Daten scannen.

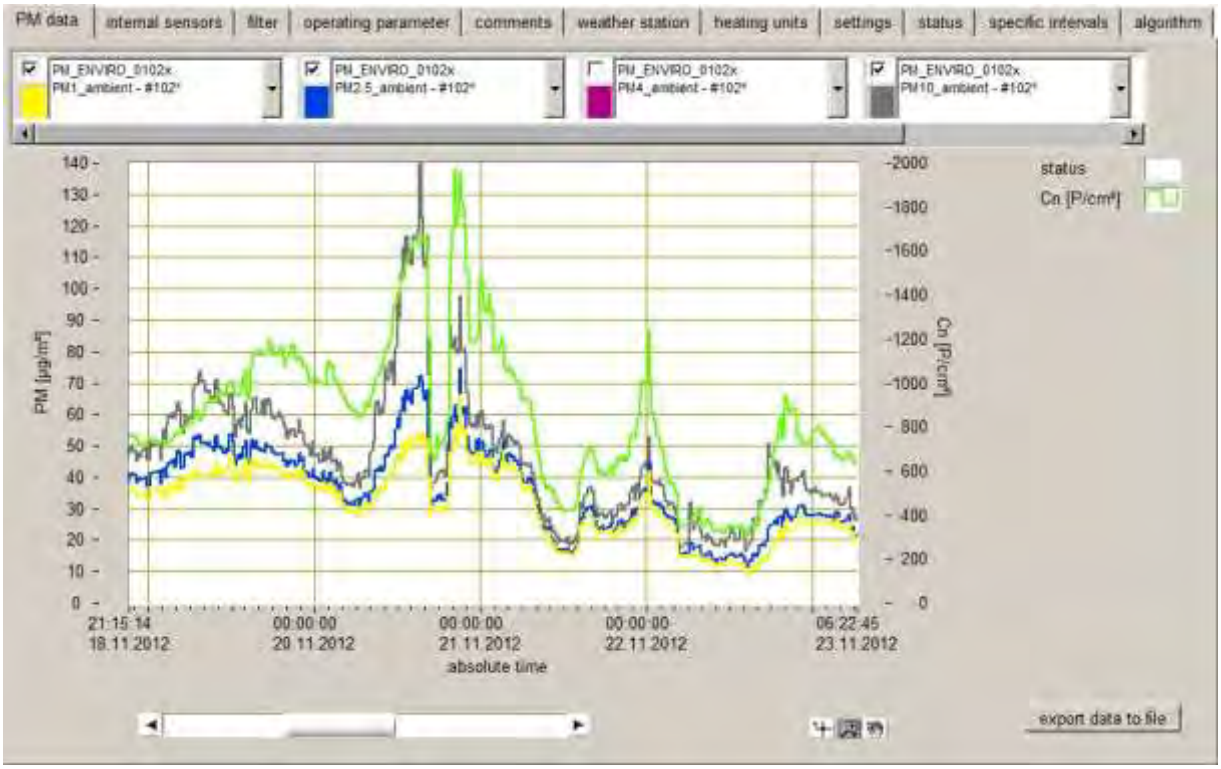


Abb.: 13: In die Daten zoomen

Mit “export data to file” werden die angezeigten Daten (komplette Datenreihe) in eine durch Tabulatoren getrennte Textdatei mit der folgenden Kopfzeile exportiert (Beispiel):

*
13.11.2012 23:58:47 ___ 29.11.2012 23:46:46
14 file(s)
1343 intervals of 1/4 hour averages
FIDAS®, 0.18 - 18.0 µm #1
date beginning time beginning date end time end date beginning (UTC) time beginning (UTC) date end (UTC) time end (UTC) relative time [s] status Cn [P/cm³]
PM_ENVIRO_0102x - PM1_ambient - #102* PM_ENVIRO_0102x - PM2.5_ambient - #102*
PM_ENVIRO_0102x - PM4_ambient - #102* PM_ENVIRO_0102x - PM10_ambient - #102*

5.2 Reiter “internal sensors”

Vom 1. April 2013 an sind alle Fidas® mobile und Fidas® 100-Geräte mit internen Sensoren zur Messung des Umgebungsdruckes, der Umgebungstemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit ausgestattet.
Andere Fidas® Modelle können zusätzlich zur mitgelieferten Wetterstation mit einem Sensor zur Erfassung von p, T und rH verbunden werden (Palas® Zubehör), um zum Beispiel die Temperatur im Wetterschutzgehäuse zu überwachen. Wenn ein solcher Sensor vorhanden ist, werden diese Daten zusammen mit den Partikeldaten aufgezeichnet und können über den Reiter „internal sensors“ angezeigt werden (siehe Abbildung 14).

Bitte beachten: Wenn kein p, T, rH-Sensor verbunden ist, zeigt der Reiter keine Daten an.

Abb.: 14: Reiter “internal sensors” wenn ein p, T, rH-Sensor mit dem Gerät verbunden ist.

Die Grafik zeigt den zeitlichen Verlauf für die relative Luftfeuchtigkeit (h-blau), die Temperatur (T-rot) und den Umgebungsdruck (p-grün).

Bitte beachten: Diese Werte können nicht in eine Textdatei exportiert werden.

5.3 Reiter “filter”

Dieser Reiter erscheint nur bei Modellen mit einem Filterhalter, d. h. beim Fidas® 100, Fidas® 200/200 S, Fidas® 300/300 S.

Wenn der Benutzer die Filter manuell gewechselt und die entsprechenden Daten im Gerät eingetragen hat, zeigt die Grafik eine Zusammenfassung an.

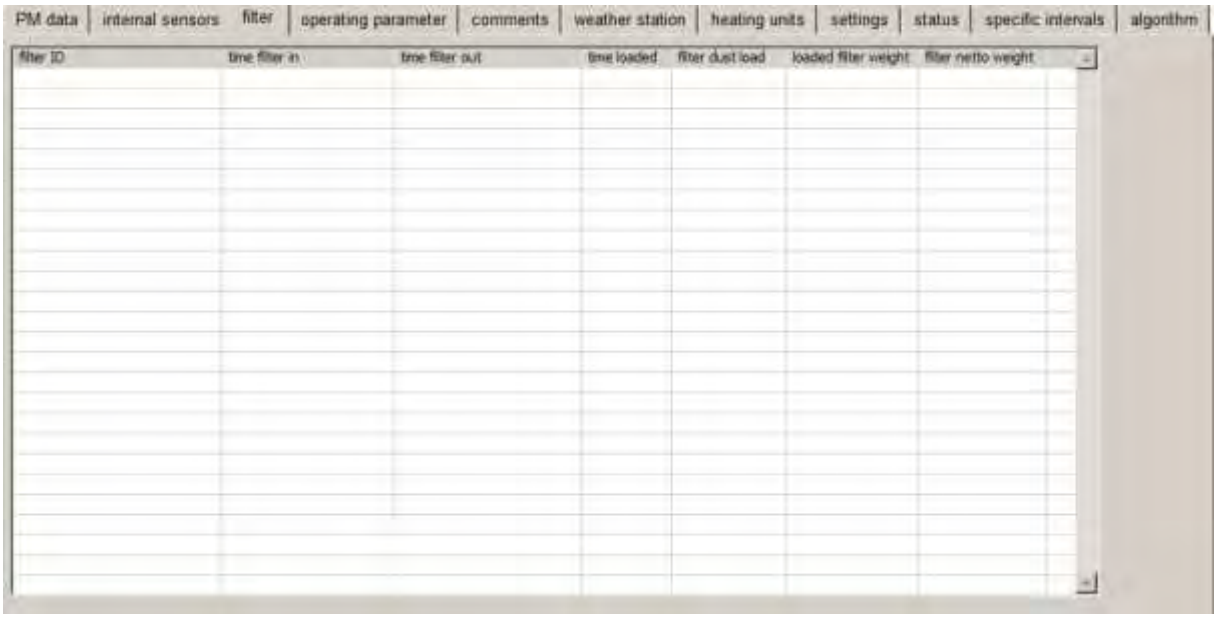


Abb.: 15: Reiter “filter”- zeigt eine Zusammenfassung der Filterwechsel an.

5.4 Reiter “operating parameter”

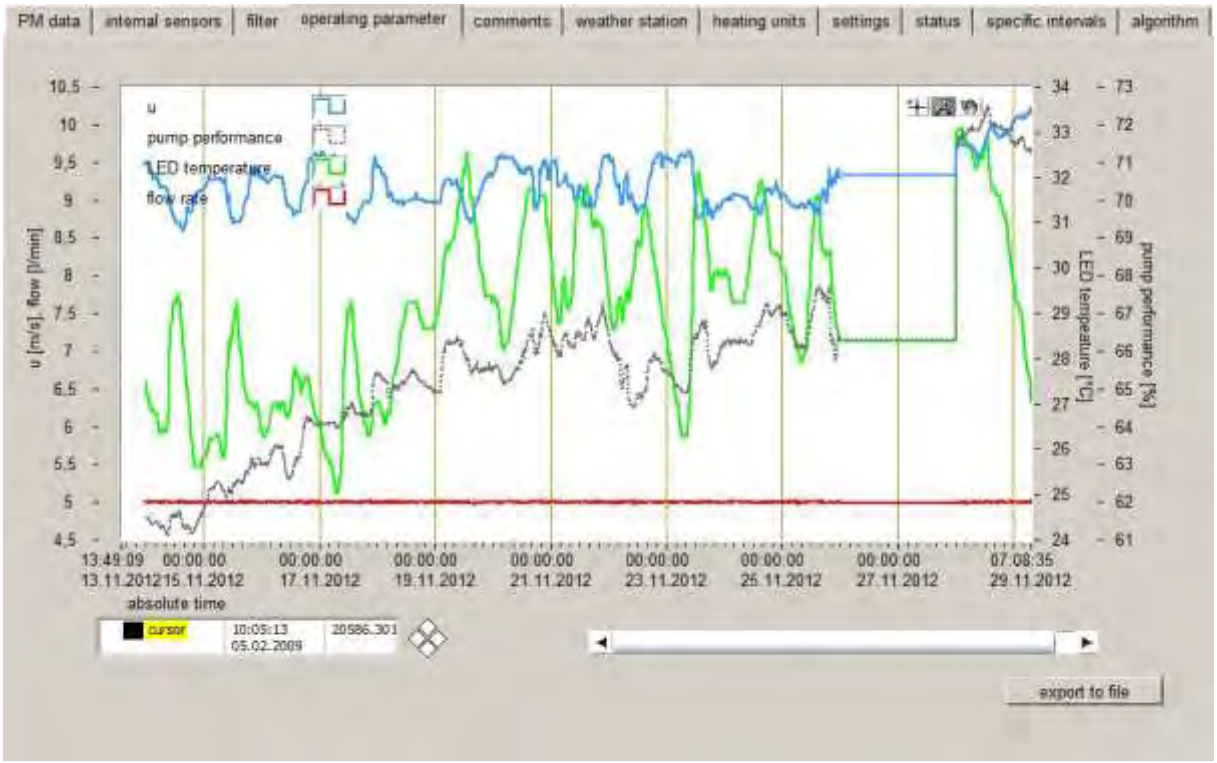


Abb.: 16: Reiter “operating parameter” – zeigt die Partikelgeschwindigkeit, Pumpenleistung, LED-Temperatur und den Durchfluss an.

In dieser Grafik werden wichtige Betriebsparameter des Gerätes für die gesamte Dauer der importierten Daten gezeigt.

u	(blau)	Partikelgeschwindigkeit durch das optische Sensorvolumen
pump performance	(grau)	Prozentuale Auslastung der Pumpe(n), die im Gerät eingesetzt werden. Werte über 60 % erzeugen eine Warnung (siehe auch Kapitel 5.9)
LED temperature	(green)	Änderungen der Umgebungstemperaturen erfordern, dass die LED-Lichtquelle temperaturabhängig überprüft und kontrolliert wird, um eine konstante Leistung zu gewährleisten.
flow rate	(red)	Volumenstrom im Gerät reguliert auf 1,4 l/min für das Fidas® mobile und reguliert auf 4,8 l/min für den Fidas® 100, Fidas® 200/200 S und Fidas® 300/300 S

Bemerkung: Ältere Modelle wurden auf 5,0 l/min geregelt.

Mit “export to file” werden die angezeigten Daten in eine durch Tabulatoren getrennte Textdatei mit der folgenden Kopfzeile exportiert (Beispiel):

FIDAS®, 0.19 - 18.0 µm #1
12.03.2012 16:58:02 ___ 13.03.2012 13:31:40
2 file(s)
41 intervals of 1/2 hour averages
date end time end relative time [s] in sensor particle velocity u [m/s] pump performance [%] LED temperature [°C] flow rate [l/min]

5.5 Reiter “comments”

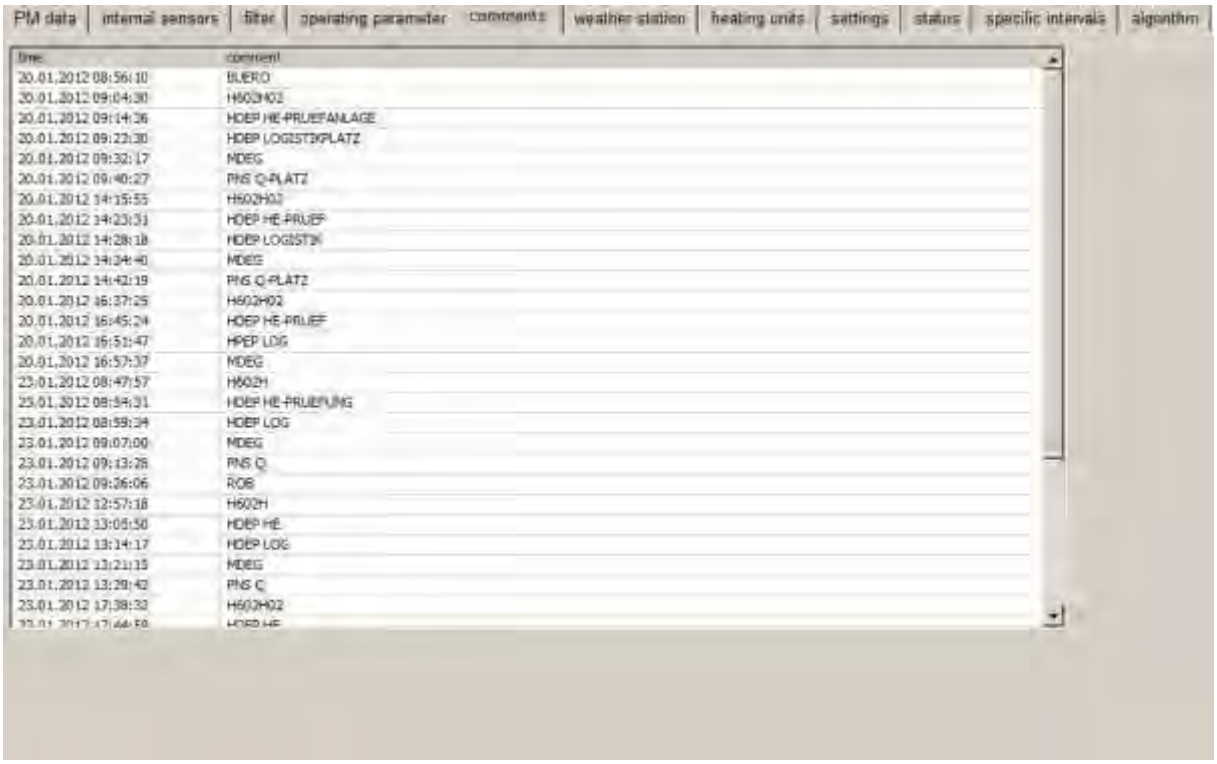


Abb.: 17: Reiter “comments”

Wenn Kommentare während der Messung eingegeben werden, z. B. um zwischen verschiedenen Messstellen während der Nutzung des Fidas® mobile zu unterscheiden, werden diese Kommentare hier nach Datum und Uhrzeit geordnet, angezeigt.

Bitte beachten: Diese Kommentare erscheinen auch als Anmerkung zu der Grafik, die im Reiter “PM data” gezeigt wird (siehe Kapitel 5.1).

5.6 Reiter “weather station”

Wenn das Gerät mit einer Lufft Wetterstation verbunden ist (Standard für Fidas® 200/200 S und Fidas® 300/300 S) werden die Wetterstationen in diesem Reiter angezeigt.

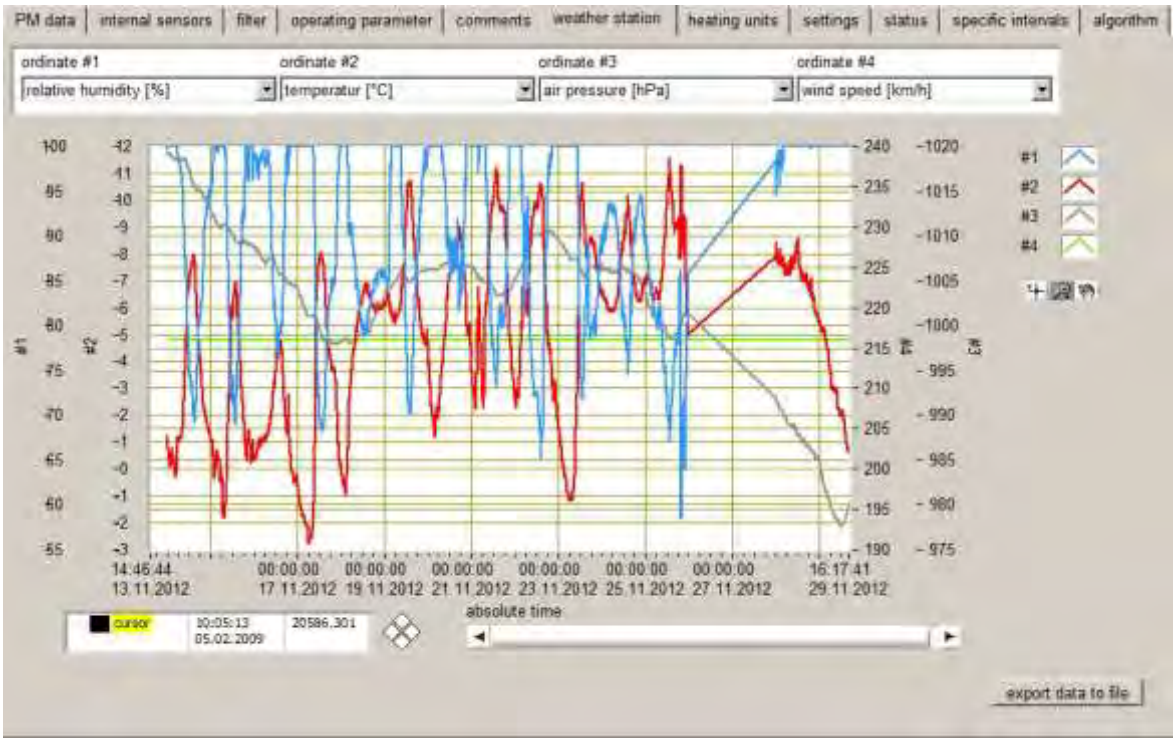


Abb.: 18: Reiter “weather station” zeigt die Wetterstationsdaten an

Abhängig von der angeschlossenen Wetterstation, z. B. WS-300-UMB (p, T, rH) oder WS-600-UMB (p, T, rH, Windgeschwindigkeit, Windrichtung etc.) können verschiedene Werte angezeigt werden.
Abbildung 19 zeigt die momentan in der Software integrierten Auswahlmöglichkeiten an.

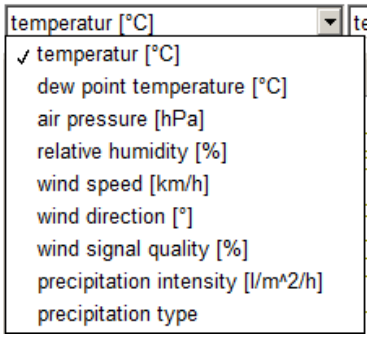


Abb.: 19: Auswahl an Werten, die bei angeschlossener Wetterstation angezeigt werden können (abhängig von der jeweiligen Wetterstation).

Mit “export data to file” werden die angezeigten Daten in eine durch Tabulatoren getrennte Textdatei mit der folgenden Kopfzeile exportiert (Beispiel):

FIDAS®, 0.19 - 18.0 µm #1
12.03.2012 16:58:02 ___ 13.03.2012 13:31:40
2 file(s)
41 intervals of 1/2 hour averages
date time relative time [s] humidity [%] wind speed [km/h] wind direction [°] precipitation intensity [l/m²/h] precipitation type dew point temperature [°C] air pressure [hPa] wind signal quality [%] temperature [°C]

5.7 Reiter “heating units”

Das Fidas® mobile und das Fidas® 100 sind nicht mit Heizelementen ausgestattet, deshalb wird dieser Reiter bei diesen beiden Geräten nicht angezeigt. Im Fidas® 200/200 S, 300/300 S beziehen sich die Heizelemente auf die in der IADS (intelligent aerosol drying system) eingebaute Heizung.

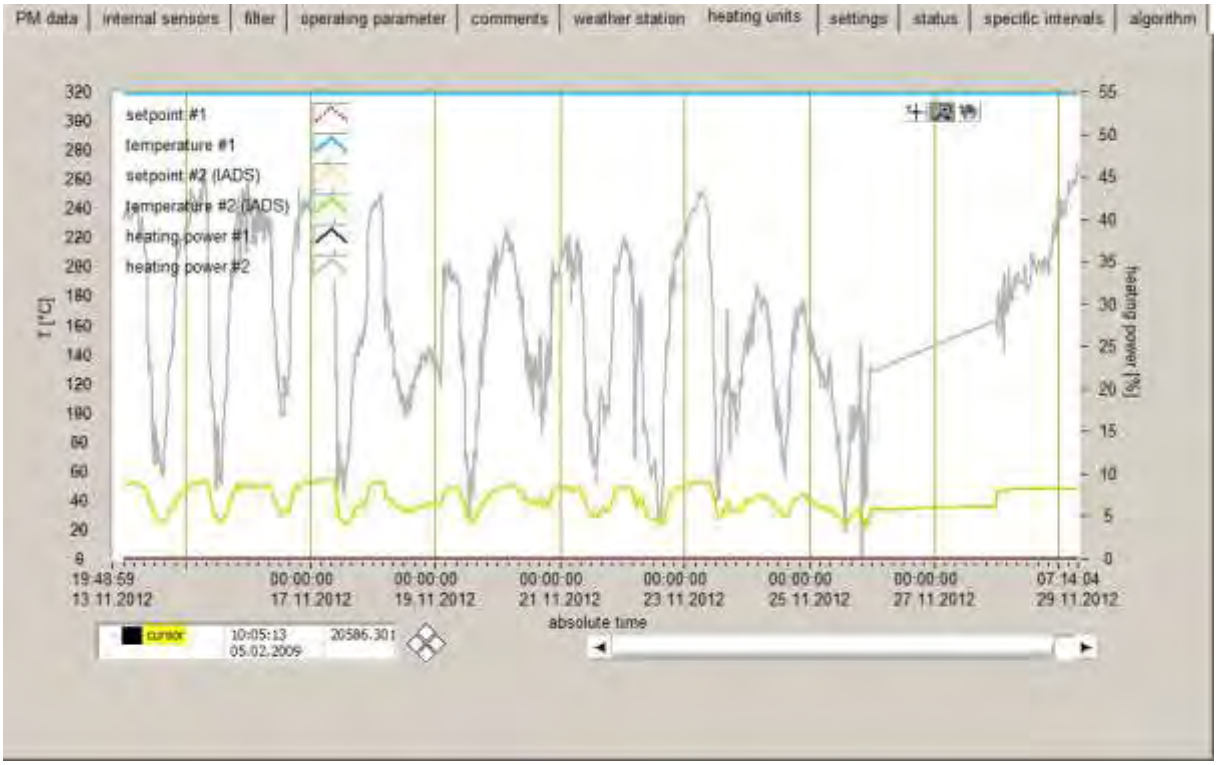


Abb.: 20: Überblick über die Heizelemente im Fidas® 200/200 S, 300/300 S

Dieser Reiter zeigt einen Überblick über die Heizelemente, die im Fidas® 200/200 S, und Fidas® 300/300 S genutzt werden.

Bitte beachten: Obwohl “setpoint #1”, “temperature #1” und “heating power #1” in der Grafik aufgelistet sind, werden diese momentan nicht genutzt, sondern stehen für zukünftige Weiterentwicklungen zur Verfügung.

setpoint #2 (IADS)	zeigt den Temperatursollwert für die im Gerät genutzte IADS an. Abhängig von der Betriebsart kann dies ein fixer Wert sein, oder ein Wert, der sich aufgrund der Umgebungsbedingungen ständig ändert. (siehe Handbuch Fidas® Firmware für weitere Informationen)
temperature (IADS)	aktuell gemessene Temperatur des IADS Heizelements. Diese Temperatur sollte mit der Solltemperatur in etwa übereinstimmen.
heating power #2	Prozentuale Belastung des IADS Heizelements (rechte Achse). Wenn dieser Wert bei 99 % ist, hat das Heizelement sein Limit erreicht. Bitte kontaktieren Sie Palas® in diesem Fall!

5.8 Reiter “settings”

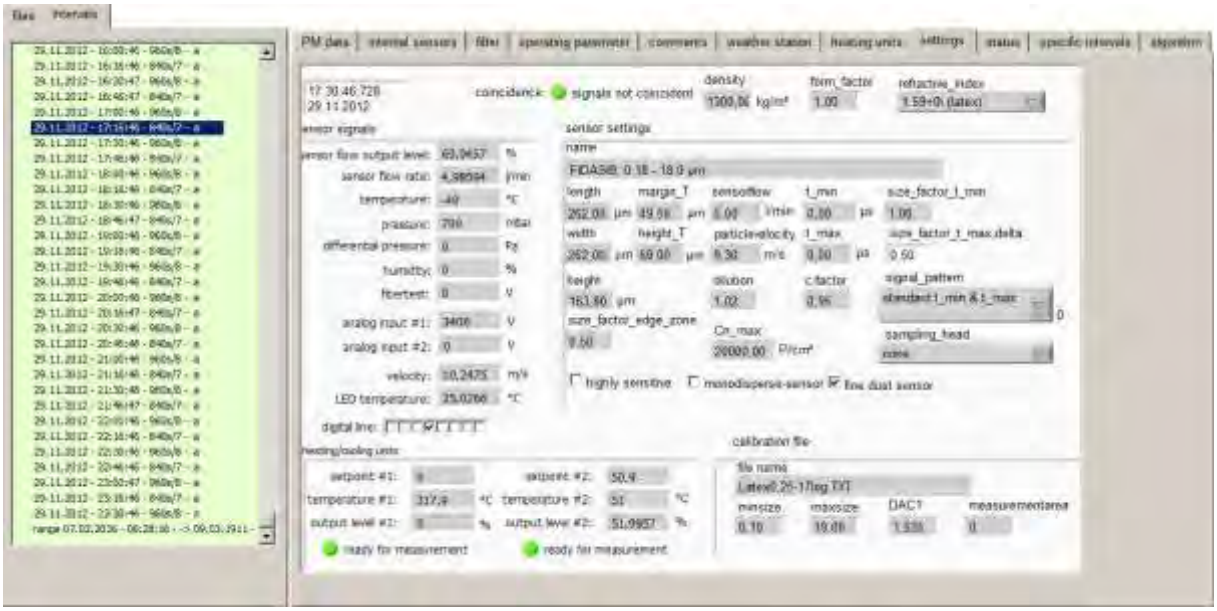


Abb.: 21: Geräteeinstellungen für die Messungen

Für jedes Messintervall werden die Geräteeinstellungen zusammen mit den Messdaten gespeichert und können durch Auswahl des gewünschten Intervalls angezeigt werden.

Im oberen Bereich werden die Uhrzeit, das Datum und die genutzten Partikeleigenschaften (Dichte, Formfaktor und Brechungsindex) angezeigt und ob die Signale über dem Koinzidenzlimit liegen (siehe Kapitel 5.9)

Bitte beachten: **wenn “fine dust sensor” ausgewählt ist (im unteren, mittleren Bereich) werden die angezeigten Partikeleigenschaften nicht genutzt, anstelle wird ein größenabhängiger Konvertierungsalgorithmus angwendet (siehe Kapitel 5.11).**

Der mittlere Bereich zeigt sensorspezifische Informationen an (z. B. die Dimensionen der T-Blende), die für einen Servicetechniker möglicherweise relevant sind.

Der untere Bereich beinhaltet Informationen über das IADS Heizelement (siehe Kapitel 5.7) und Informationen zur Kalibrierung (z. B. Spannung des Photomultipliers, genutzte Kalibrierungsdatei).

5.9 Reiter “status”

Abb.: 22: Reiter “status” mit Informationen zum Gerät

Dieser Reiter zeigt eine Kopie des Gerätestatus für das ausgewählte Intervall an.
Wenn sich ein Leistungsparameter nicht innerhalb der Grenzwerte befindet, zeigt ein rotes Kreuz ein Problem an, welches hohe Aufmerksamkeit erfordert und die Daten sind markiert (siehe Kapitel 5.1 und 5.4).
Die überwachten Leistungsparameter sind die folgenden:

sensor flow	Volumenstrom des Sensors, zwei Werte werden unabhängig voneinander aufgezeichnet: 1. Der Volumenstrom durch einen Massendurchflussmesser beinhaltet T & p von der Wetterstation oder dem internen Sensor und wird als Standardtemperatur (25°C) und Druck (1013 mbar) angezeigt – (SATP) 2. Geschwindigkeit der Partikel durch das optische Detektionsvolumen in m/s. Wenn diese Werte von den werksseitig eingestellten Sollwerten oder voneinander um mehr als 15 % abweichen, wechselt der grüne Haken in ein rotes Kreuz
coincidence	erkennt, ob sich mehr als ein Partikel im optischen Volumen während der Messungen befunden hat und zeigt einen Alarm an, wenn dies in mehr als 20 % der Zeit vorkommt.
suction pumps	überwacht die Belastung der integrierten Pumpe(n) und kann dafür genutzt werden, um das Alter der Pumpen zu überwachen. Ein Alarm wird angezeigt, wenn die Belastung 60 % überschreitet.

	Bitte beachten: Das Fidas® mobile verfügt über eine Pumpe, das Fidas® 100, 200/200 S, 300/300 S verfügt über zwei parallel arbeitende Pumpen.
weather station	überprüft, ob die Wetterstation ordnungsgemäß mit dem Gerät verbunden ist und ob Daten verfügbar sind.
IADS	überprüft, ob die IADS (intelligent aerosol drying system) ordnungsgemäß mit dem Gerät verbunden ist und ob die gemessene Temperatur dem Sollwert entspricht und sich zwischen 15°C und 60°C befindet.
calibration	nutzt einen patentierten Algorithmus für die Überprüfung der Kalibrierung. Bitte beachten: Wenn die Abweichung über eine längere Zeit (24 h) größer als 3,5 ist, überprüfen Sie bitte die Kalibrierung des Geräts unter Verwendung des CalDust 1100 (weitere Informationen finden Sie im Gerätehandbuch). Falls die Werte nur ab und an den Grenzwert übersteigen, muss nichts unternommen werden.
LED temperature	Änderungen der Umgebungstemperaturen erfordern, dass die LED-Lichtquelle temperaturabhängig überprüft und kontrolliert wird, um eine konstante Leistung zu gewährleisten. Der aktuelle Wert der Temperaturkontrolle wird angezeigt und es wird überprüft, ob dieser innerhalb der Grenzwerte liegt.
operating modus	dieser Parameter sollte die ganze Zeit im Auto-Modus sein.

5.10 Reiter “specific intervals”

Wenn die Daten des Fidas® Gerätes mit den gravimetrischen Daten verglichen werden, kann es passieren, dass das Intervall der gravimetrischen Probe nicht von Mitternacht (0 Uhr) bis Mitternacht dauert. In diesem Fall kann es sehr umständlich sein, die Daten zu korrelieren.

Für diesen Zweck können Sie in diesem Reiter beliebige Auswerteintervalle für ihre Daten festlegen.

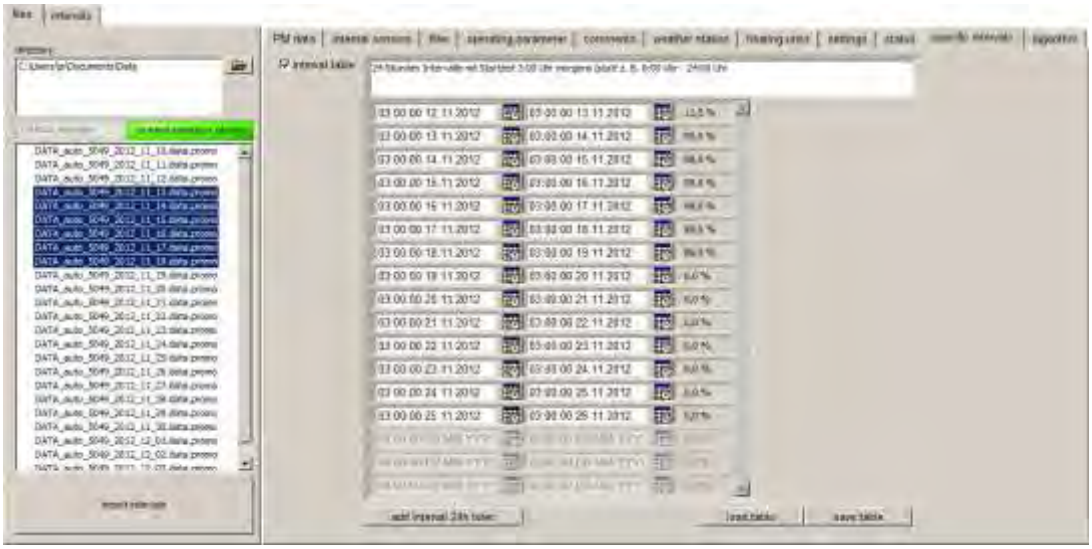


Abb.: 23: Auswahl beliebig festgelegter Auswerteintervalle in der Tabelle

Zuerst geben Sie bitte die Anfangszeit und das Anfangsdatum des Intervalls ein, oder Sie wählen dieses über den Kalender aus. Dann geben Sie die Endzeit und das Enddatum des Intervalls ein. Wenn Sie diesen Vorgang am nächsten Tag wiederholen möchten, klicken Sie einfach “add interval 24h later” an. Im weißen Kästchen oberhalb der Tabelle können Sie Kommentare eingeben.

Nachdem Sie alle Intervalle eingegeben haben, können Sie diese Tabelle durch Anklicken von “save table” speichern. Zuvor generierte, spezifisch festgelegte Intervalltabellen können durch Anklicken von “load table” geladen werden.

Bitte beachten: Wenn Sie diese Tabelle für die Auswahl beliebig festgelegter Auswerteintervalle nutzen, wird die Länge des Intervalls (linker Bereich) auf ¼-stündige Durchschnittswerte festgelegt.

Nachdem die Daten importiert wurden, zeigt hinter dem Intervall angegebene Prozentsatz an, wie viele der gemessenen Daten im festgelegten Intervall liegen.

5.11 Reiter “algorithm”

Die Fidas® Geräte speichern die Daten im raw-Format mit vielen zusätzlichen Informationen ab. Es ist darüber hinaus möglich, die Daten zu einem späteren Zeitpunkt mit einem anderen Algorithmus auszuwerten. Dies kann sinnvoll sein, um:

- Daten des Standardalgorithmus mit Daten eines individuellen Algorithmus zu vergleichen, der z. B. besondere Probenahmeorte besser berücksichtigt (z. B. Platzierung eines Gerätes in der Nähe eines Stahlwerkes).
- vor Ort die Korrelation mit den gravimetrischen Daten zu optimieren.

Bitte kontaktieren Sie Palas® für weitere Informationen zu dieser Funktion.

Um die gemessenen Daten auswerten zu können, ist es notwendig, dass ein Algorithmus ausgewählt ist. Der korrekte Algorithmus sollte standardmäßig ausgewählt sein, wenn nicht, wählen Sie bitte den Algorithmus mit der höchsten Nummer aus (falls eine Auswahl angezeigt wird).

Wichtig: Sie müssen einen Algorithmus auswählen, ansonsten kann keine Datenauswertung erfolgen. Wenn Sie keinen Algorithmus angezeigt bekommen, überprüfen Sie bitte, ob Sie über Lese-, Schreib- und Löschrechte des Verzeichnisses verfügen, in das Sie die PDAnalyze-Fidas Dateien hineinkopiert haben. Sollte diese Problem fortbestehen kontaktieren Sie bitte Palas®.

Um den korrekten Algorithmus auszuwählen, wählen Sie bitte zuerst das Gerät aus:

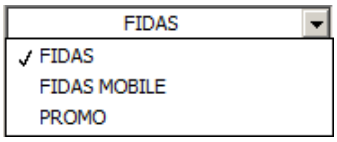


Abb.: 24: Auswahl des Geräts

Dann wählen Sie den Algorithmus aus:

Abb.: 25: Auswahl des Algorithmus, der für die Datenauswertung herangezogen wird

Bitte beachten: Obwohl es nicht ausdrücklich angezeigt wird, beinhaltet der Algorithmus die Informationen für alle möglichen Auswertemodi (siehe Kapitel 5.1).

6. Feedback-Formular

Um unsere Bedienungsanleitungen kontinuierlich zu verbessern, bitten wir Sie, diesen Fragebogen auszufüllen und an uns zurückzuschicken. Vielen Dank für Ihr Feedback!

Wie Sie uns erreichen:
Adresse: Greschbachstraße 3 b, 76229 Karlsruhe, Deutschland
Telefon: +49 721 96213-0 Fax: +49 721 96213-33 E-Mail: mail@palas.de

Diese Auswertung betrifft: PDAnalyze Fidas® Software, V0010713

Bitte teilen Sie uns Ihre Kontaktdaten mit:
Firma:_____
Name: _____
Adresse:_____
Telefonnummer oder E-Mail: _____

Waren die Anleitungen deutlich formuliert und leicht verständlich?
☐ ja ☐ nein
Falls nein, bitte präzisieren Sie hier: _____
_____

Haben Ihnen Informationen gefehlt?
☐ ja ☐ nein
Falls ja, bitte präzisieren Sie hier: _____
_____

Waren Sie mit dem Aufbau der Bedienungsanleitung zufrieden? Haben Sie die gesuchten Informationen schnell gefunden?
☐ ja ☐ nein
Falls nein, bitte präzisieren Sie hier: _____
_____

Waren Sie bei technischen Problemen mit dem Telefonservice zufrieden?
☐ ja ☐ nein
Falls nein, bitte präzisieren Sie hier: _____
_____

Hier können Sie uns mitteilen, was Ihnen sonst noch wichtig und hilfreich erscheint:
_____
_____
_____
_____
_____
_____

PALAS GmbH
Partikel- und Lasermesstechnik
Greschbachstrasse 3b
76229 Karlsruhe

Phone +49 (0)721 96213-0
Fax +49 (0)721 96213-33
mail@palas.de
www.palas.de

Beschreibung

Fidas® Firmware

Fidas® mobile
Fidas® 100
Fidas® 200/200 S
Fidas® 300/300 S

Inhalt

1 Wichtige Informationen zum Ein-/und Ausschalten von Fidas® Modellen 3

2 Fidas® Benutzeroberfläche 4

2.1 Hauptmenü 4

2.2 „data“ - Datenübersicht 6

2.3 „dust chart“ – zeitlicher Verlauf der Feinstaubmesswerte 7

2.4 „air sensor chart“ – zeitlicher Verlauf der Messwerte der Wetterstation 8

2.5 „accessories“ – Zubehör und Zusatzinformationen 9

2.5.1 „IADS“ – Einstellungen des intelligent aerosol drying systems 10

2.5.2 „GPS positioning“ – Koordinaten der GPS Maus 11

2.5.3 „weather station“ – Messdaten der Wetterstation 12

2.5.4 „nano sizer/counter“ – Erweiterung für kleinere Partikelgrößen 13

2.5.5 „filter system“ – manuelle Filtermessung 14

2.5.6 „particle size distribution“ – Partikelgrößenverteilungen 15

2.5.7 „E-Mail alarm“ – Benachrichtigung beim Überschreiten einer Maximalkonzentration 16

2.6 „datalogger“ – Messdatenspeicher 17

2.7 „settings/calibration“ – Kalibrierung/Verifikation des Fidas® 18

2.8 “device status” – Statusübersicht 19

2.9 “expert user menu” – Expertenmodus 21

2.10 “shut down” – Fidas® ausschalten 22

1 Wichtige Informationen zum Ein-/und Ausschalten von Fidas® Modellen

Da die Fidas® Firmware auf einem dynamischen Betriebssystem läuft, das auf Windows XPembedded für industrielle Anwendungen basiert, sollten Fidas® Modelle niemals am Netzschalter ausgeschaltet werden.
Zum Ausschalten des Fidas® muss die Taste "shut down" gedrückt werden. Nur nach automatischem Ausschalten des Betriebssystems darf der Netzschalter betätigt werden!

Die Fidas® Modelle sind leistungsstarke optische Aerosolspektrometer mit einem 1.7 GHz Intel® Atom™ Processor. Daher können sie die Information über die gemessene Partikelgröße in Echtzeit auswerten. Die Fidas® Modelle starten automatisch nach dem Einschalten über den Einschaltknopf.

Nach dem Einschalten, bootet das Windows Betriebssystem, danach startet automatisch der Startup-Manager. Es wird automatisch die Firmware (Software für die Benutzeroberfläche) mit der höchsten Nummer geladen, allerdings bestünde die Möglichkeit, zu diesem Zeitpunkt auch eine ältere Firmware-Version zu laden. Der Startbildschirm zeigt außerdem die Kontaktinformationen von Palas®.

Abbildung 1: Startbildschirm des Fidas® Startup-Managers

Während des Hochfahrens startet die Aerosolpumpe und der Volumenstrom wird auf 4,8 l/min geregelt. Dann beginnt das Fidas® automatisch mit der Messung und speichert die Daten in den internen Speicher. Ist der Hochfahrvorgang abgeschlossen, erscheint das Hauptmenü (Abbildung 2).

2 Fidas® Benutzeroberfläche

2.1 Hauptmenü

Das Hauptmenü erscheint automatisch beim Start des Gerätes oder durch Drücken von ***menu*** in der Statusleiste.

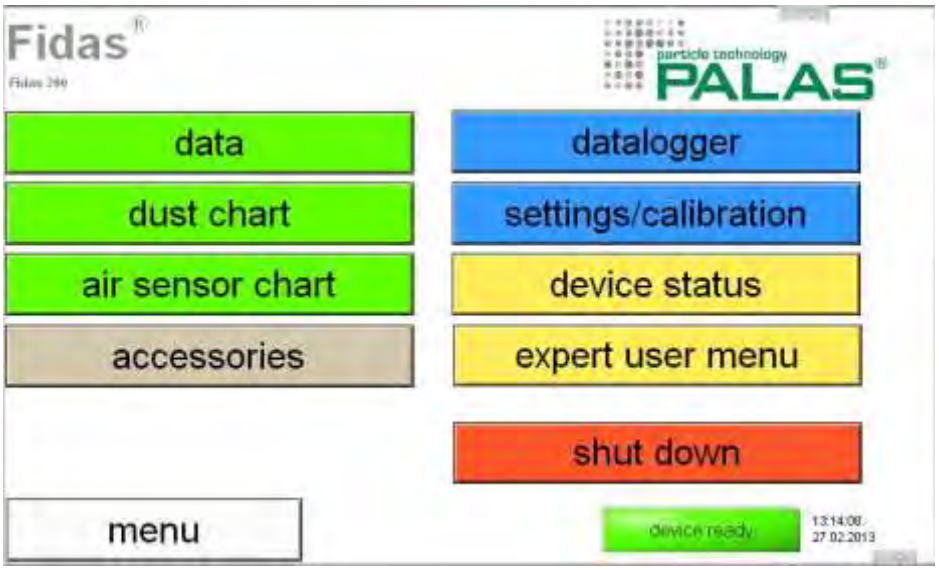


Abbildung 2: Hauptmenü der Fidas® Benutzeroberfläche

Das Hauptmenü ist wie folgt strukturiert:
Die grün hinterlegten Felder beschäftigen sich mit gemessenen Daten:

data	zeigt die Datenübersicht mit den aktuell gemessenen Werten für PM_1, $PM_{2,5}$, PM_4, PM_{10}, PMtot (TSP) und Anzahlkonzentration Cn . Des Weiteren sind auch die Werte der Wetterstation für relative Luftfeuchtigkeit, Umgebungstemperatur und Luftdruck aufgelistet.
dust chart	zeigt den zeitlichen Verlauf der Messwerte des Fidas®
air sensor chart	zeigt den zeitlichen Verlauf der Messwerte der Wetterstation

Das grau hinterlegte Feld bietet Zusatzinformationen und Möglichkeiten:

accessories	zeigt das Menü des Zubehörs, d. h. IADS, GPS, Wetterstation, Nanosizer-Erweiterung, Filtersystem, Partikelgrößenverteilungen, Alarm setzen

Die blau hinterlegten Felder beschäftigen sich mit der Datenspeicherung und Datenqualität:

datalogger	erlaubt die Eingabe von Kommentaren, die mit dem Datensatz mit abgespeichert werden und den Datentransfer vom internen Speicher auf z.B. einen USB-Stick
settings/calibration	erlaubt die Überprüfung der Kalibrierung des Fidas® Sensors und ggf. eine Neukalibrierung. Zeigt außerdem eine kontinuierliche Einschätzung der Kalibrierung mit einer Abweichung vom Sollwert

Die blau hinterlegten Felder beschäftigen sich mit der hardwareseitigen Funktion des Messgerätes:

device status	zeigt eine Übersicht kritischer Systemparameter, d. h. Volumenstrom, Koinzidenz, Pumpenleistung, Wetterstation, IADS, Kalibrierung, LED Temperatur und Betriebsmodus
expert user menu	erlaubt den Wechsel in den Expertenmodus

Das rot hinterlegte Feld beendet die Messung:

shut down	fährt das Fidas® und das Windows Betriebssystem herunter und sollte zum Ausschalten des Fidas® genutzt werden

ACHTUNG: ein Ausschalten des Fidas® ohne vorheriges Herunterfahren mittels „shut down“ kann zu einer Korruption der Datenstruktur führen!

Am oberen Rand links ist der Produktname, darunter das Modell gezeigt. Rechts befindet sich das Firmenlogo.

Am unteren Rand links ist das Feld „menu“ mit dem zu jeder Zeit in dieses Hauptmenu gewechselt werden kann. Rechts ist die Systemstatusanzeige („device ready“ oder „check device status“) und die Systemzeit und das Tagesdatum. Die Zeit und das Datum können unter dem Windows Betriebssystem geändert werden.

2.2 „data“ - Datenübersicht

In dieser Datenübersicht werden alle gemessenen PM-Fraktionen und die Anzahlkonzentration Cn sowie zusätzlich die gemessenen Werte der Wetterstation für relative Luftfeuchtigkeit, Umgebungstemperatur und Luftdruck angezeigt.

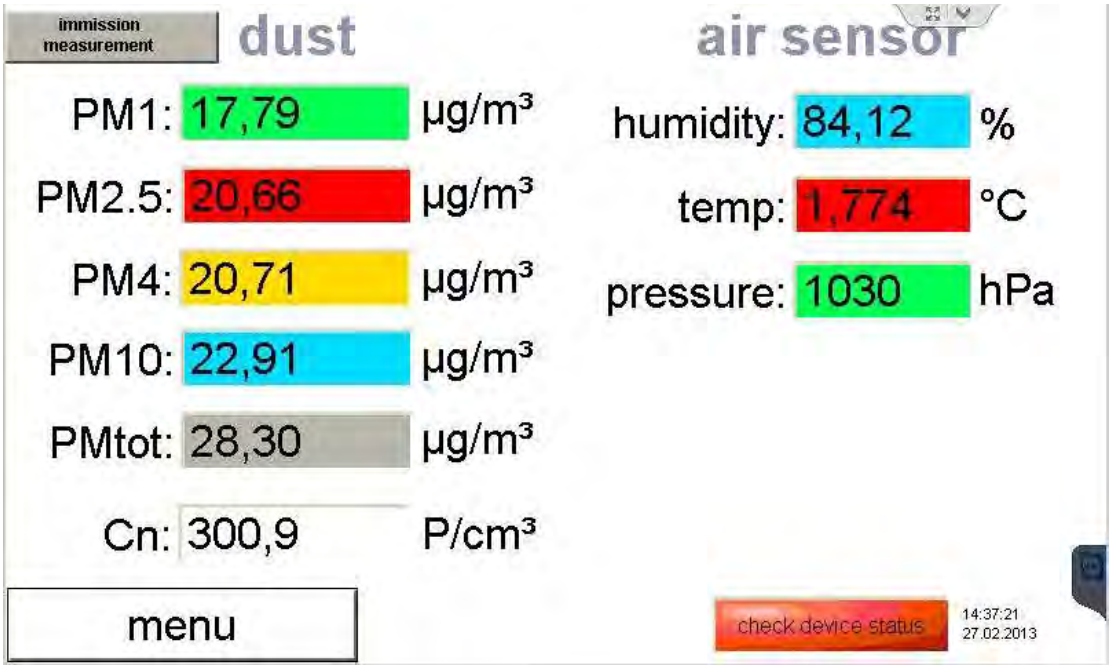


Abbildung 3: „data“ - Datenübersicht

Die Anzahlkonzentration wird in Echtzeit angezeigt, die PM-Fraktionen zeigen den gleitenden Mittelwert, gemittelt über 15 Minuten (Eintrag in der promo.ini Datei). Die Daten der Wetterstation werden alle 2 Minuten aktualisiert.

Die Anzeige oben links „immission measurement“ zeigt an, dass die Immissionsfunktion zur Umrechnung der gemessenen Daten für Partikelgröße und Partikelanzahl in die PM-Fraktionen Verwendung findet (weitere Informationen zur Messtechnik finden Sie im Handbuch zum Fidas® Feinstaubmesssystem).

2.3 „dust chart“ – zeitlicher Verlauf der Feinstaubmesswerte

Das Staubdiagramm zeigt den zeitlichen Verlauf aller gemessenen PM-Werte (farbig, rechte Ordinate) und der Anzahlkonzentration (weiße Linie, linke Ordinate).

Mittels „clear charts“ lässt sich diese Darstellung neu starten (dies hat keine Auswirkung auf die abgespeicherten Daten).

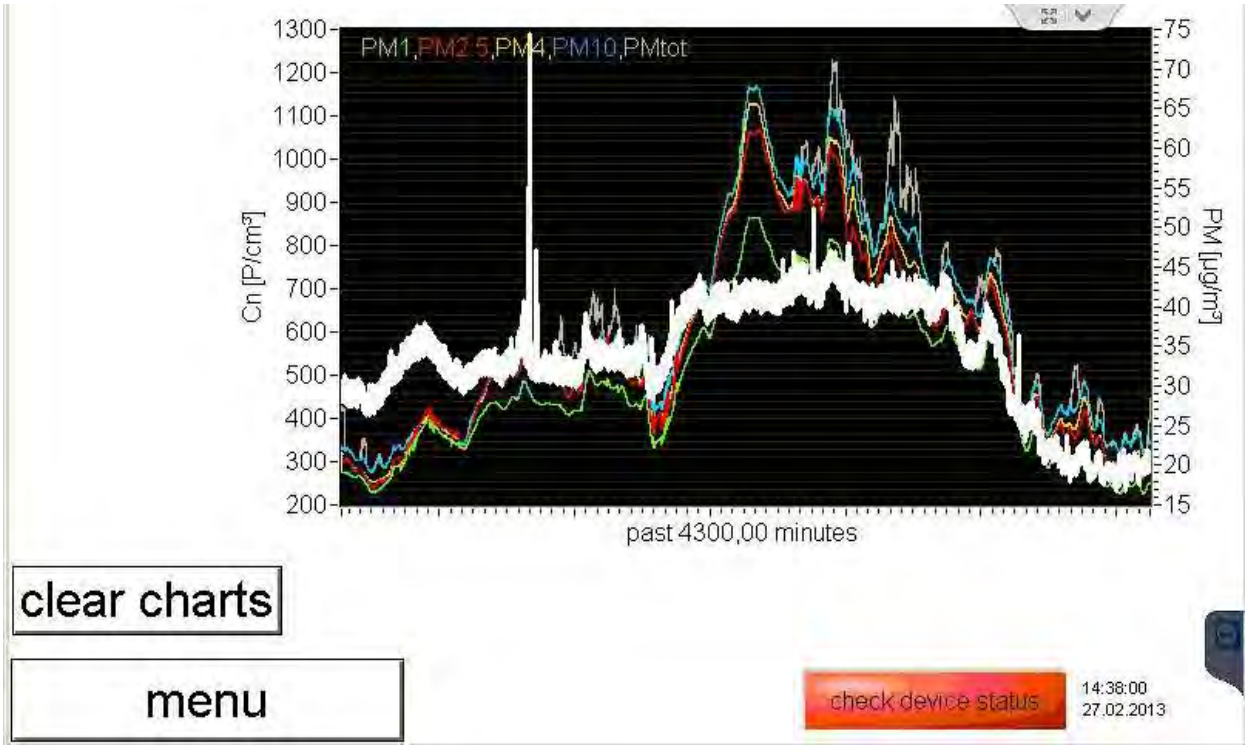


Abbildung 4: „dust chart“ – zeitlicher Verlauf der Feinstaubmesswerte

2.4 „air sensor chart“ – zeitlicher Verlauf der Messwerte der Wetterstation

Dieses Diagramm zeigt farblich codiert die gemessene Feuchte (h [%]), die Temperatur T [°C] und den Druck [hPa] der Wetterstation. Das Diagramm wird minütlich aktualisiert und zeigt den zeitlichen Verlauf einer Woche.

Blau	relative Luftfeuchtigkeit	linke Ordinate
Rot	Umgebungstemperatur	rechte Ordinate
Grün	Luftdruck	rechte Ordinate

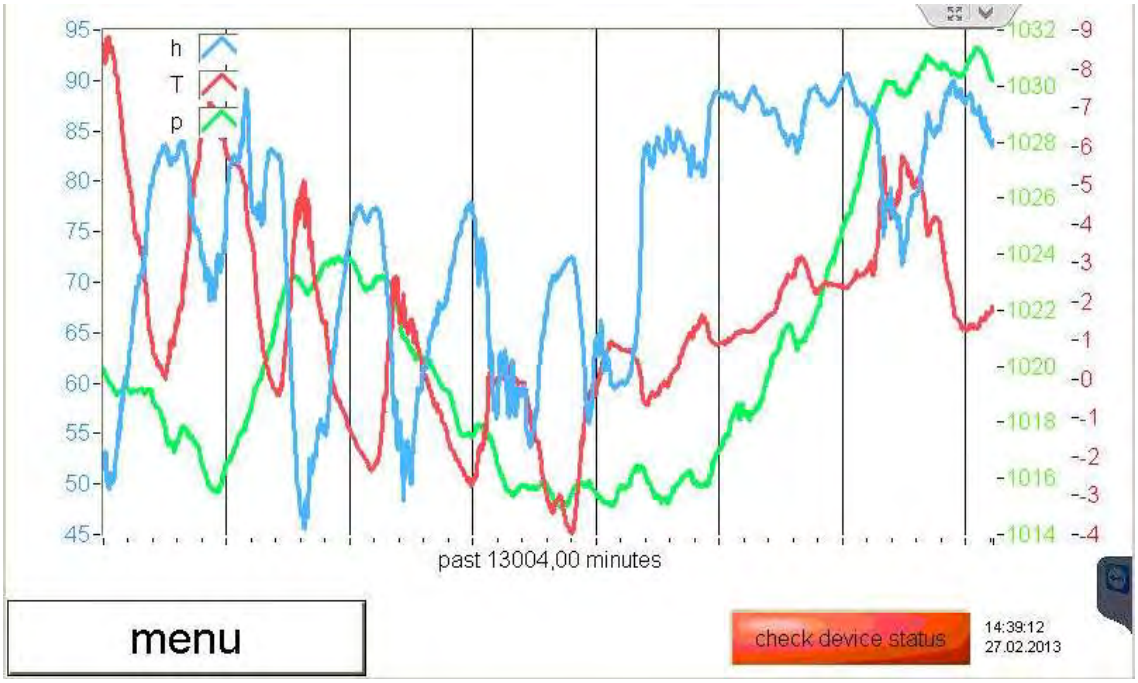


Abbildung 5: „air sensor chart“ – zeitlicher Verlauf der Messwerte der Wetterstation

Bemerkung: Liefert die verwendete Wetterstation (z. B. Lufft WS 600-UMB) weitere Werte wie Niederschlagsmenge, Windrichtung und Windgeschwindigkeit, so werden diese ebenfalls mit abgespeichert. Dargestellt sind diese dann unter „accessories -> weather station“.

2.5 „accessories“ – Zubehör und Zusatzinformationen

Dieses Menü zeigt Zubehör und bietet Zusatzinformationen, im Einzelnen sind dies:

IADS	steht für „intelligent aerosol drying system“ und bezeichnet die in der Probenahme integrierte und geregelte Heizung. Die Grundeinstellung des IADS kann hier geändert werden.
GPS positioning	falls eine GPS Maus angeschlossen ist, sehen Sie hier die Koordinaten
Weather station	zeigt alle von der Wetterstation gemessenen Messwerte (grafisch dargestellt werden Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Niederschlagsmenge)
Nano sizer/counter	ein DiSCmini der Firma Matter/Testo kann über USB am Fidas® angeschlossen werden, dann werden diese Daten im Fidas® Datensatz automatisch mit gespeichert und hier grafisch dargestellt.
Filter system	unterstützt den Benutzer bei einem manuellen Filterwechsel. Es können hier die Zeit/das Datum der Filtereinlage und Herausnahme und das Gewicht des Filters vor und nach der Messung eingegeben werden
Particle size distribution	zeigt zwei Diagramme mit den gegenwärtig gemessenen Partikelgrößenverteilungen nach Anzahlkonzentration (oben) und Massenkonzentration (unten). In rot ist die diskrete, in blau die kumulative Verteilung gezeigt.
Alarms	Hier kann aktiviert werden, dass das Fidas® eine E-Mail verschickt, wenn die PM-10 Konzentration einen Höchstwert überschreitet.

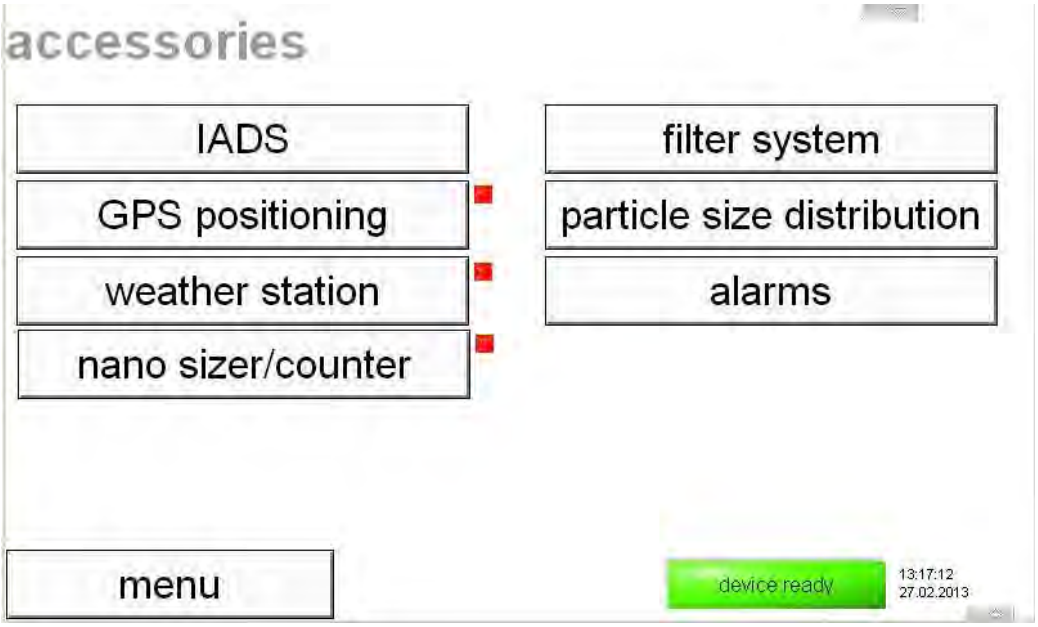


Abbildung 6: „accessories“ – Zubehör und Zusatzinformationen

2.5.1 „IADS“ – Einstellungen des intelligent aerosol drying systems

Das IADS dient dazu dem Aerosol die Feuchtigkeit zu entziehen, so dass die Partikel in Ihrer eigentlichen Größe gemessen werden und z. B. Nebeltröpfchen nicht als Partikel interpretiert werden.
Diese in der Probenahme integrierte und geregelte Heizung hat drei Grundeinstellungen:

“off”: Das IADS ist ausgeschaltet. Das interne Rohr des IADS wird jedoch, bezogen auf die Umgebungstemperatur, bis +1K erhitzt, um Kondensation innerhalb des IADS und des optischen Sensors zu vermeiden.

“remove volatile / moisture compensation”: Das IADS löst flüchtige Partikel (Wassertröpfchen) und kompensiert die Kondensation des Wassers und das damit verbundene Partikelwachstum, wenn die relative Feuchte mehr als 60 % beträgt. Die Sollwert-Temperatur ist dynamisch eingestellt in Abhängigkeit zur Umgebungstemperatur und –feuchte.

“remove volatile and semi-volatile”: Das IADS löst flüchtige und halbflüchtige Partikel (Wassertröpfchen, Kohlenwasserstoff-Tröpfchen) und kompensiert den Einfluss der Feuchte auf die Partikelgröße. Die interne Heizung des IADS ist auf eine konstante Temperatur von 75°C eingestellt.

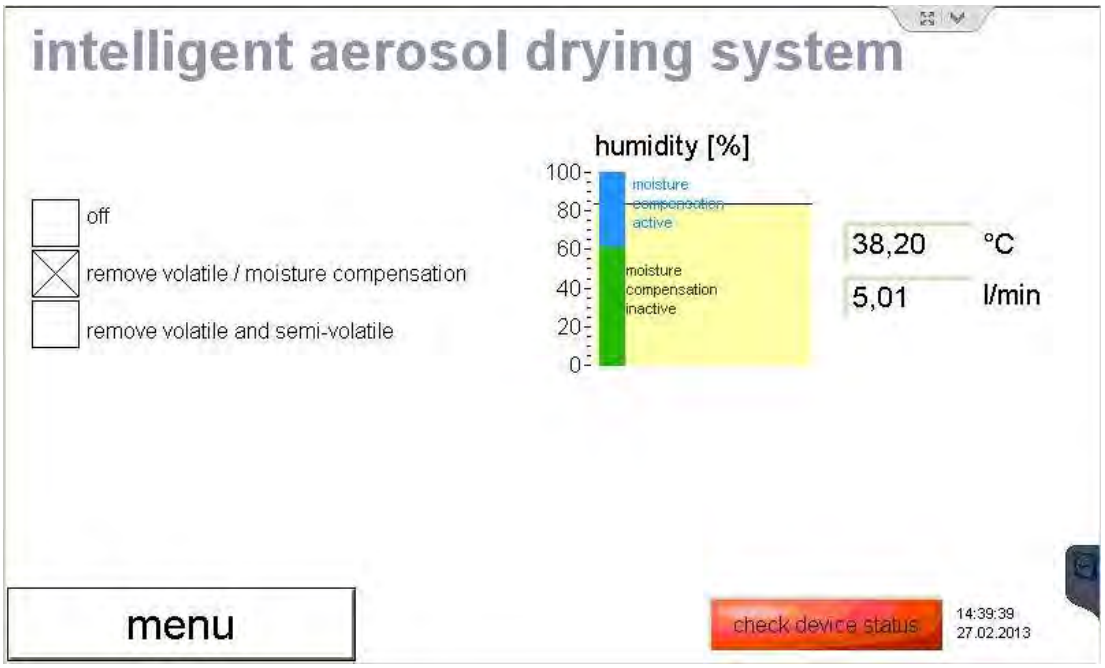


Abbildung 7: „IADS“ – Einstellungen des intelligent aerosol drying systems

2.5.2 „GPS positioning“ – Koordinaten der GPS Maus

Bei angeschlossener GPS Maus werden die Daten automatisch übertragen und angezeigt.

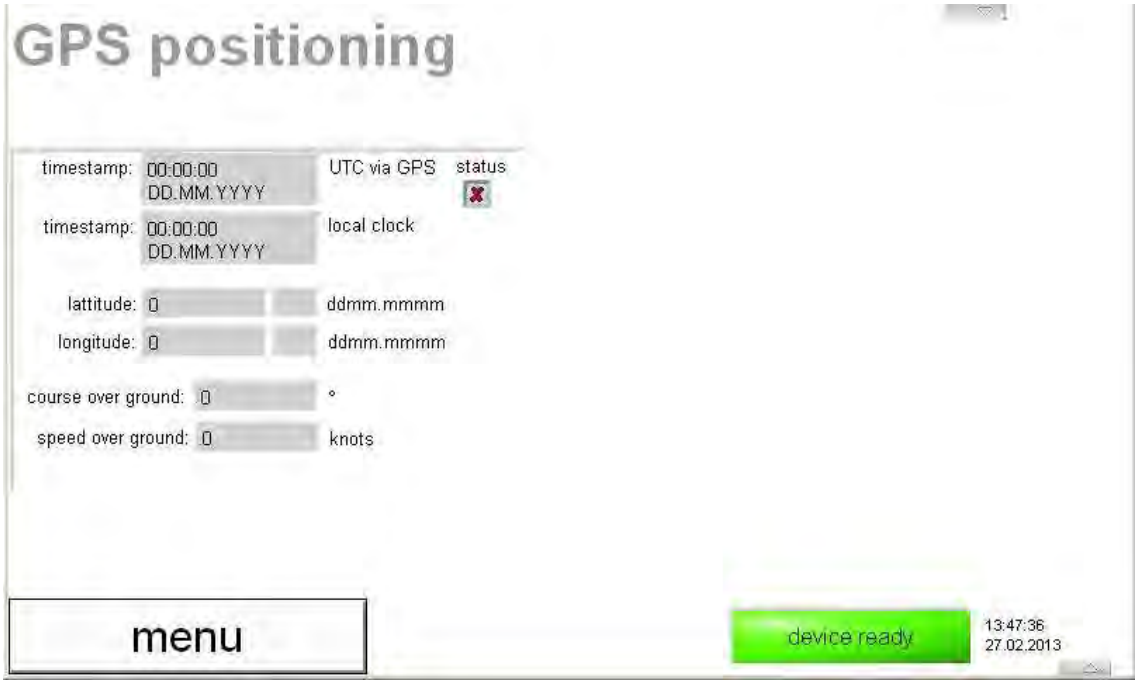


Abbildung 8: „GPS positioning“ – Koordinaten der GPS Maus

2.5.3 „weather station“ – Messdaten der Wetterstation

Hier werden alle von der Wetterstation gemessenen Messwerte angezeigt (diese sind auch Bestandteil des Datensatzes). Grafisch dargestellt werden Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Niederschlagsmenge, sofern dies die angeschlossene Wetterstation unterstützt (z. B. Lufft WS 600-UMB).

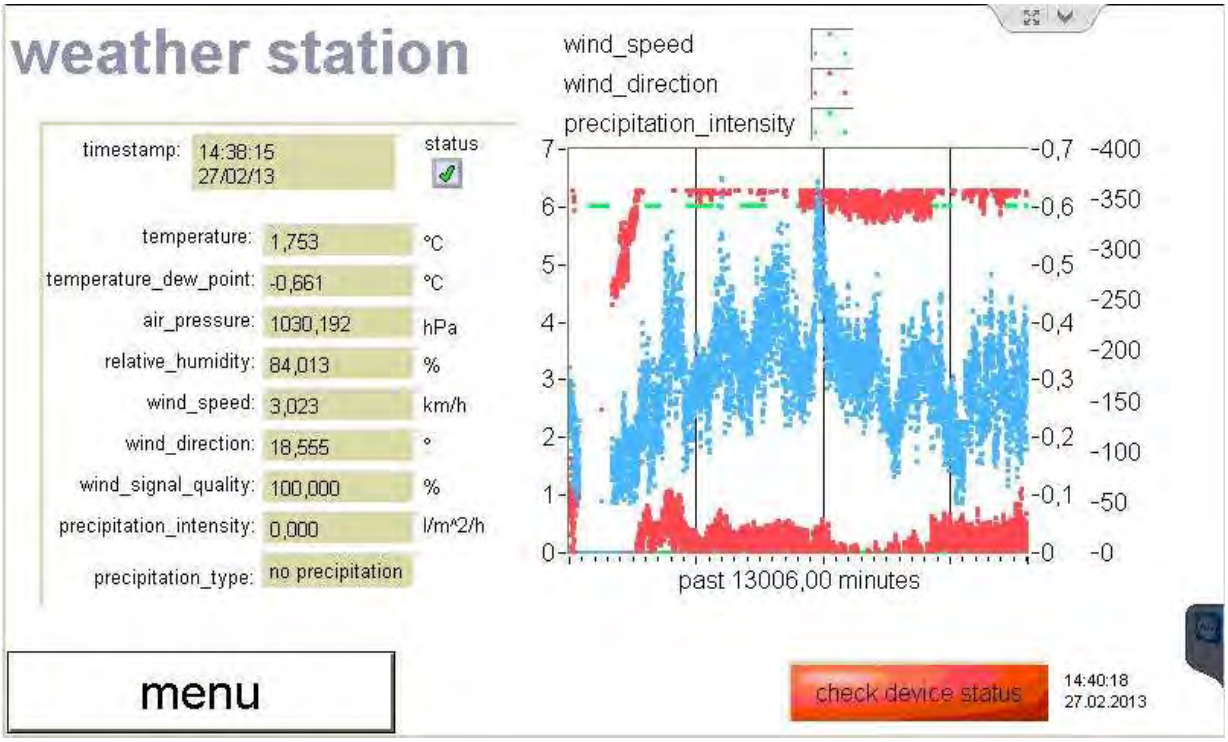


Abbildung 9: „weather station“ – Messdaten der Wetterstation

2.5.4 „nano sizer/counter“ – Erweiterung für kleinere Partikelgrößen

Ein DiSCmini der Firma Matter/Testo kann über USB am Fidas® angeschlossen werden, dann werden diese Daten im Fidas® Datensatz automatisch mit gespeichert und hier grafisch dargestellt.

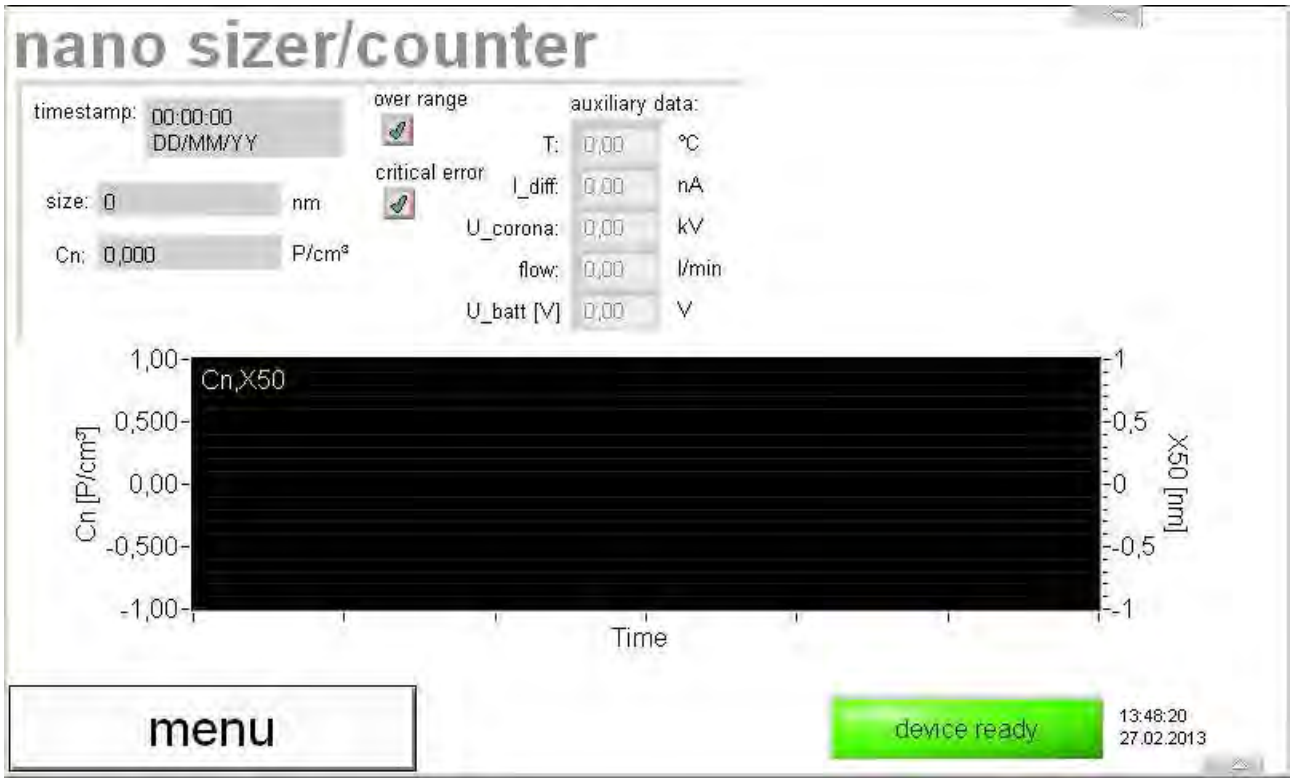


Abbildung 10: „nano sizer/counter“ – Erweiterung für kleinere Partikelgrößen

Bemerkung: Unter Umständen muss der Com-Port, der vom USB Adapter automatisch vergeben wird, unter dem Windows Betriebssystem neu vergeben werden.

2.5.5 „filter system“ – manuelle Filtermessung

Wenn man den Filterhalter des Fidas® verwendet, um eine gravimetrische Filtermessung durchzuführen, so kann man hier den Zeitstempel markieren, wann der Filter eingesetzt und herausgenommen wurde. Außerdem kann das Netto- (“weight in”) und Brutto-Gewicht (“weight out”) des Filters angegeben werden.
Nachdem alle notwendigen Werte eingegeben wurden, erscheint das Feld ***save to datalogger*** und die Filterdaten können in einer Datei abgespeichert werden.

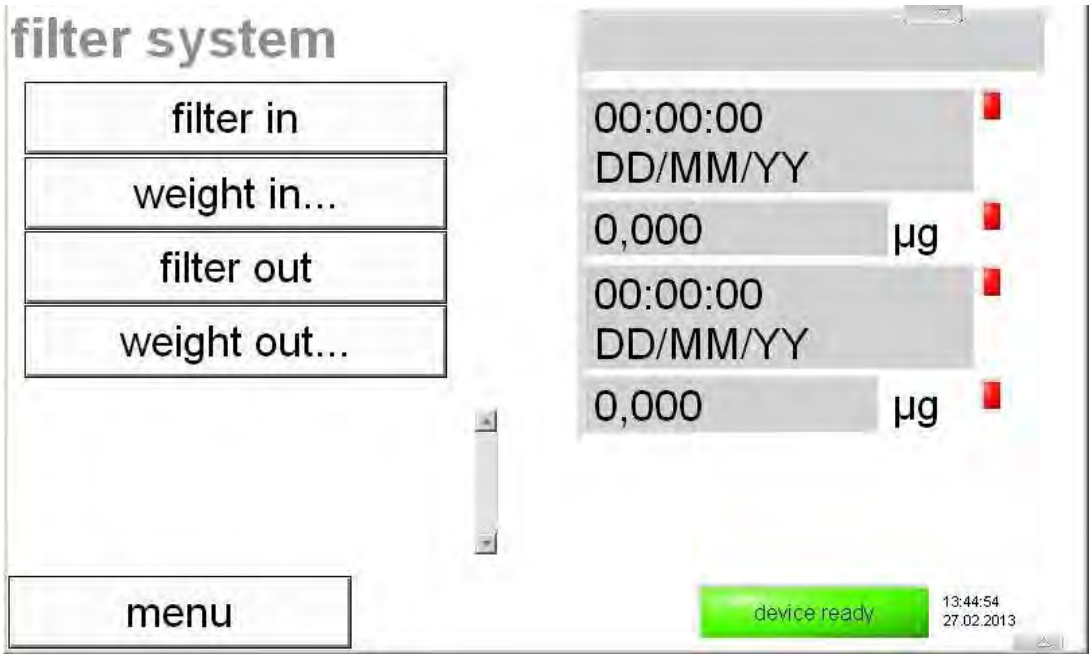


Abbildung 11: „filter system“ – manuelle Filtermessung

Im Einzelnen sind dies:

filter in	Die Istzeit wird automatisch als die Zeit markiert, zu der der Filter eingelegt wurde. Zusätzlich wird eine filter-identification-number (FID) erzeugt und oben angezeigt.
weight in...	Ein Dialogfenster öffnet sich zur Eingabe des Nettogewichts des Totalfilters. Das Nettogewicht muss sich auf den Zeitstempel “filter in” beziehen.
filter out	Die Istzeit wird automatisch als die Zeit markiert, zu der der Filter herausgenommen wurde.
weight out...	Ein Dialogfenster öffnet sich zur Eingabe des Bruttogewichts des Totalfilters. Das Bruttogewicht muss sich auf den Zeitstempel “filter out” beziehen.
save to datalogger	Die erzeugten Daten eines Totalfilters werden auf dem Datalogger gespeichert und sind bei der Analyse der Daten verfügbar.

2.5.6 „particle size distribution“ – Partikelgrößenverteilungen

Hier sind zwei Diagramme gezeigt mit den gegenwärtig gemessenen Partikelgrößenverteilungen nach Anzahlkonzentration (oben) und Massenkonzentration (unten). In rot ist die diskrete, in blau die kumulative Verteilung gezeigt.

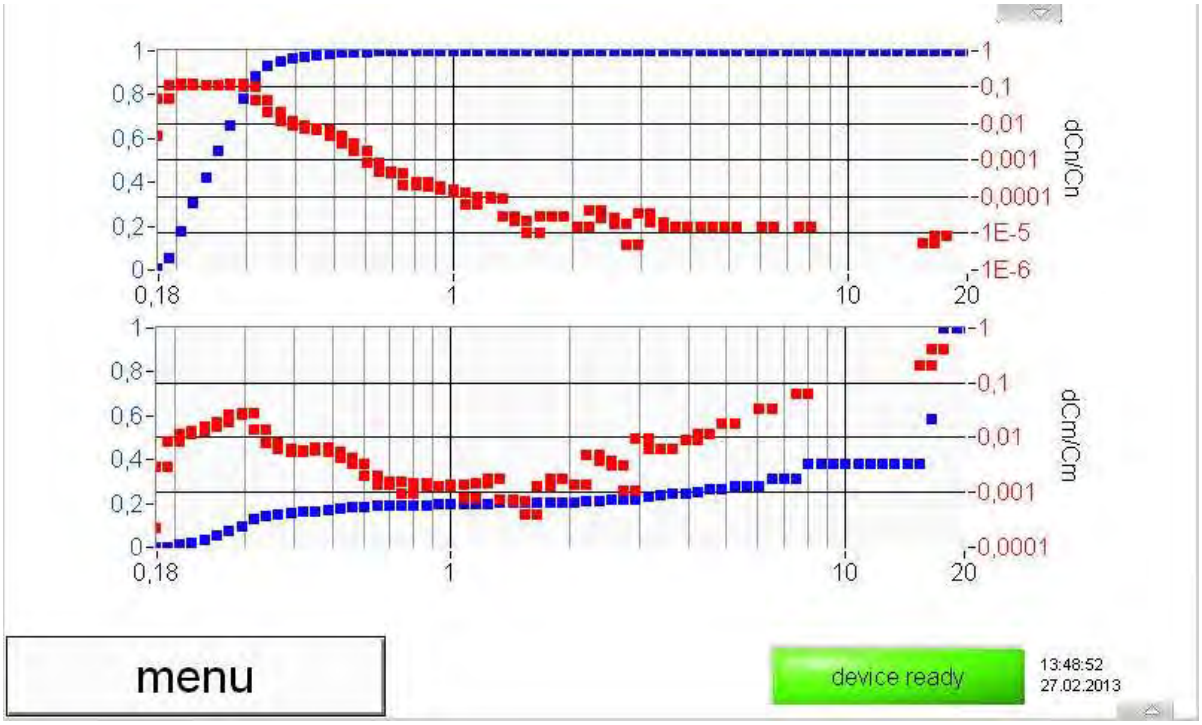


Abbildung 12: „particle size distribution“ – Partikelgrößenverteilungen

2.5.7 „E-Mail alarm“ – Benachrichtigung beim Überschreiten einer Maximalkonzentration

Hier kann aktiviert werden, dass das Fidas® eine E-Mail verschickt, wenn die PM-10 Konzentration einen eingegebenen Höchstwert überschreitet.

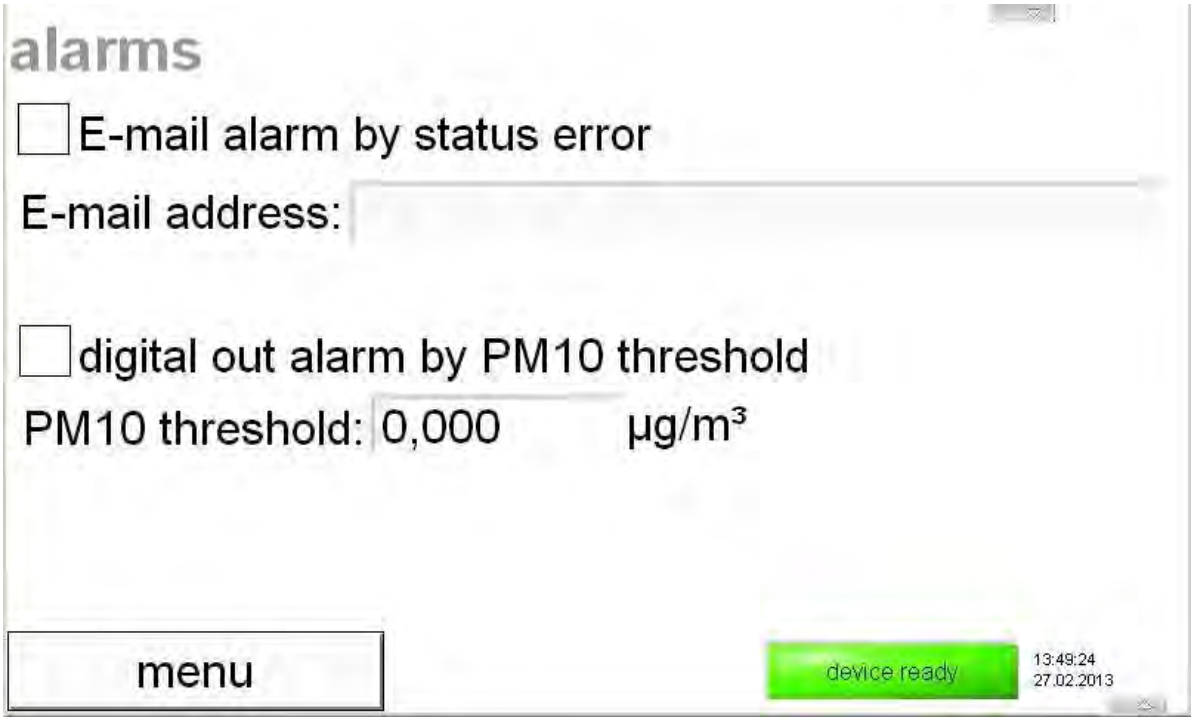


Abbildung 13: „E-Mail alarm“ – Benachrichtigung beim Überschreiten einer Maximalkonzentration

2.6 „datalogger“ – Messdatenspeicher

Fidas® speichert die Messdaten fortlaufend intern in einer Datei ab. Es erzeugt für jeden Tag eine neue Datei. Die Dateien können auf einen USB-Stick übertragen werden (copy datafiles to D:\). Wenn ein USB-Stick mit dem Fidas® verbunden ist, kopiert es die Dateien automatisch um Mitternacht auf den USB-Stick.
Zu jeder Zeit kann manuell ein Kommentar eingegeben werden, der dann automatisch mit jeder Datenspeicherung mit abgespeichert wird. Das passiert so lange, bis der Kommentar wieder gelöscht oder ein anderer Kommentar eingegeben wird.

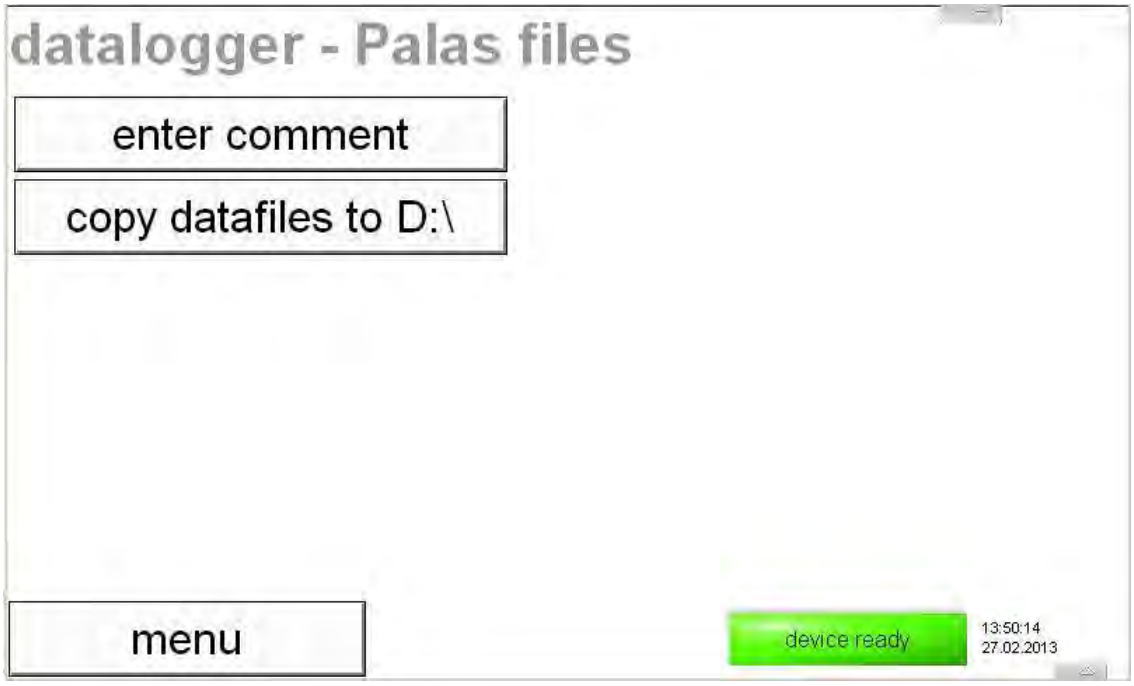


Abbildung 14: “datalogger” - Messdatenspeicher

copy datafiles to D:\	Kopiert die Dateien des internen Speichers auf den USB-Stick (Laufwerk D:\ ist der frontseitige USB Eingang).

2.7 „settings/calibration“ – Kalibrierung/Verifikation des Fidas®

Die Kalibrierung des Fidas® wird online überwacht. Dazu wird das gemessene Signal speziell analysiert. Sollte die Kalibrierung langsam driften, so wird dies hier dargestellt. Bei einer Abweichung von mehr als 3.5 Rohdatenkanälen wird ein Fehler gesetzt (siehe auch 2.8).

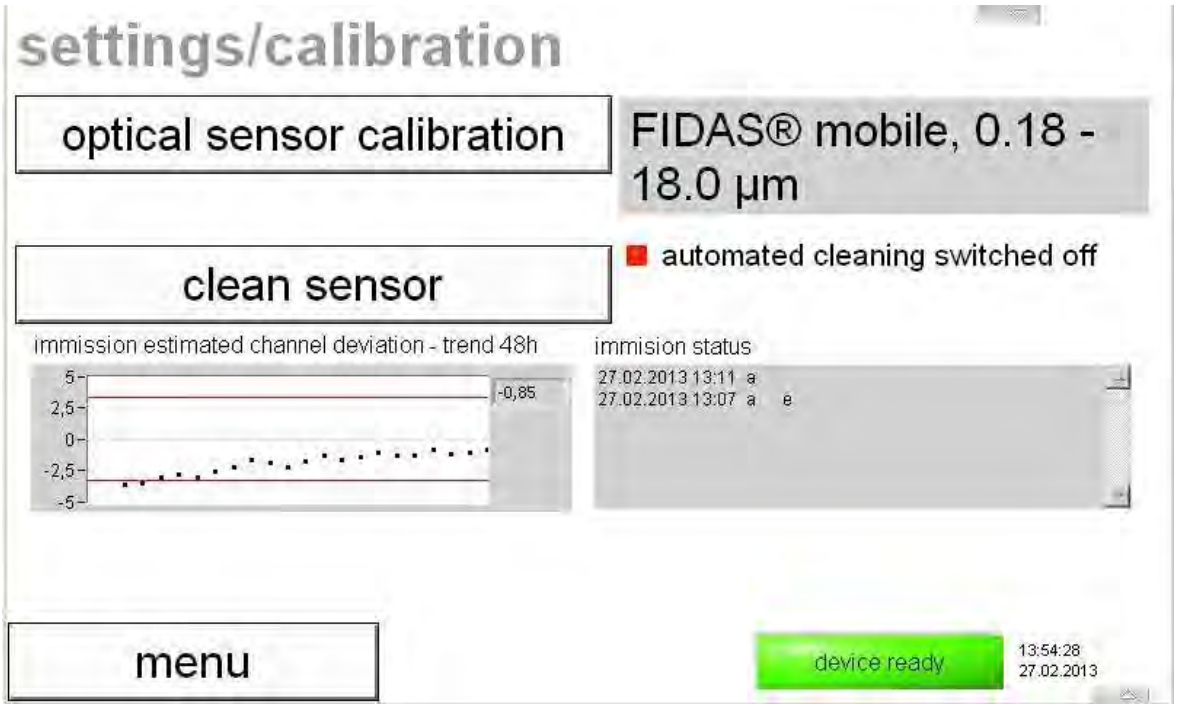


Abbildung 15: “settings/calibration” – Kalibrierung/Verifikation des Fidas®

Für eine Kalibrierung des Fidas® betätigen Sie „optical sensor calibration“, es öffnet sich dann ein Bildschirm in dem die Kalibrierung mit Kalibrierstaub durchgeführt werden kann (weiterführende Informationen hierzu finden Sie im Fidas® Handbuch).

Mit „clean sensor“ kann eine Routine gestartet werden, die das IADS auf 75°C aufheizt und gleichzeitig die Pumpen alternierend von 0 auf maximalen Volumenstrom bringt. Dies ist dazu gedacht, um etwaiges Material im Probenahmerohr „los zu schütteln“.
Eine automatische Aktivierung dieser Routine kann in der promo.ini eingestellt werden.

Der „immission status“ zeigt Aktivitäten am Fidas® mit Datum und Uhrzeit an:

a	auto mode	Standard Betriebsmodus des Fidas®
c	calibration mode	während der Kalibrierung des Fidas® werden die Daten mit “c” markiert und nicht in die Auswertung mit einbezogen
i	idle	das Fidas® wurde in den “idle” Betriebsmodus versetzt und misst keine Daten
m	manual mode	das Fidas® wurde in den manuellen Betriebsmodus versetzt

2.8 “device status” – Statusübersicht

Hier werden verschiedene Sensorinformationen gezeigt, die für einen korrekten Betrieb des Fidas® nötig sind. Diese Informationen werden auch in Form eines Fehlerbytes mit jedem Datensatz mit abgespeichert.

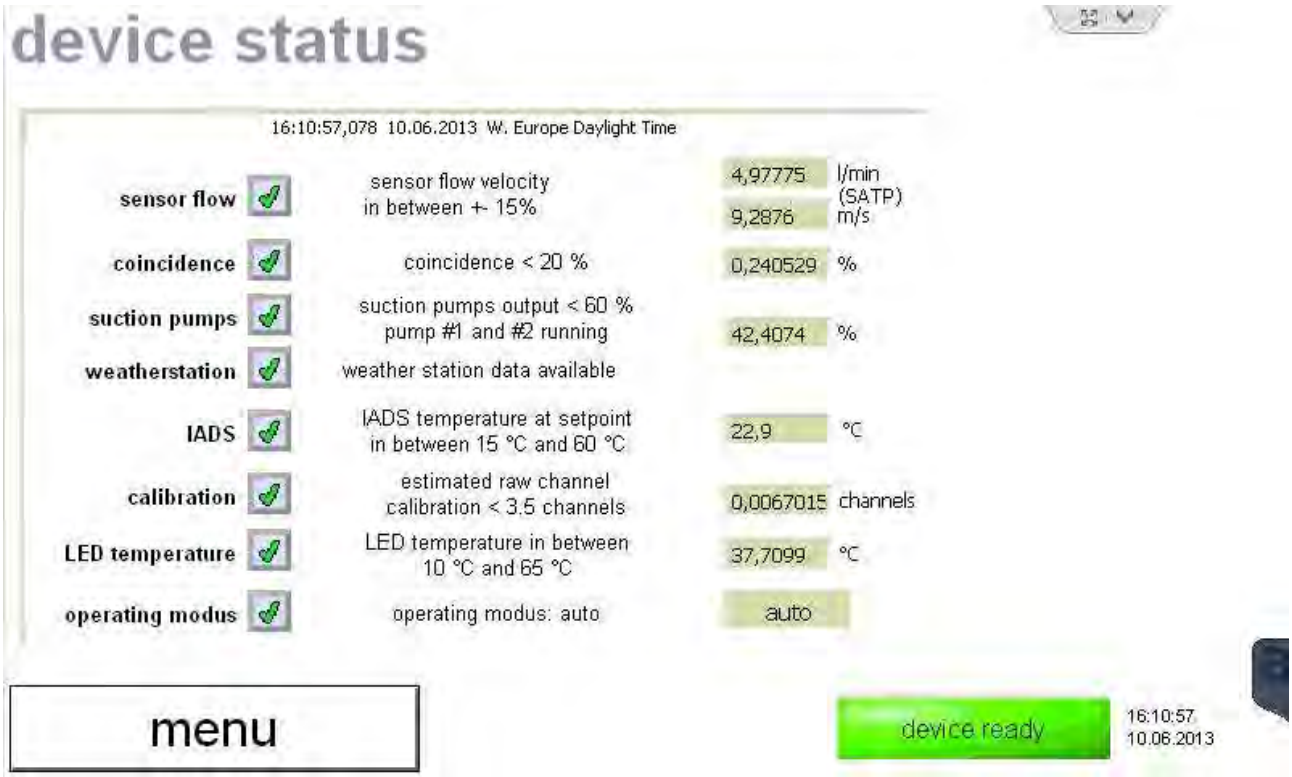


Abbildung 16: “device status” – Statusübersicht

Im Einzelnen sind dies:

Sensor flow — mittels eines Regelkreises mit Massflowmeter und unter Einbezug der gemessenen Werte für Temperatur und Luftdruck wird der Volumenstrom durch das Fidas® 100 oder 200 auf 4,8 l/min geregelt. Normiert ist dieser Volumenstrom dann auf „standard atmospheric temperature and pressure (SATP)“, d. h. bezogen auf 25°C und 1013 hPa.

<u>Bemerkung:</u> In älteren Modellen wurde auf 5,0 l/min geregelt und angezeigt.

Der zweite Wert zeigt die Geschwindigkeit der Partikel durch das optische Detektionsvolumen.
Ein Fehler wird angezeigt, wenn der Volumenstrom mehr als 15 % vom Sollwert abweicht oder wenn die Geschwindigkeit der Partikel zu stark vom geregelten Volumenstrom abweicht.

Coincidence — Detektion von mehr als einem Partikel im optischen Detektionsvolumen. Ausgabe eines Fehlers, wenn dies mit einer Häufigkeit von mehr als 20 % auftritt.

Suction pumps	Im Fidas® 100 und 200 sorgen zwei Pumpen, die parallel geschaltet sind für den Volumenstrom. Sollte eine Pumpe ausfallen, so kann die andere übernehmen, entsprechend höher ist dann die Leistungsaufnahme, was zu einem Fehler führt. Sollten beide Pumpen gleichmäßig altern, so wird ebenfalls bei einer Überschreitung von 60 % ein Fehler ausgelöst. Wichtig zu bemerken ist, dass das Gerät erst mal weitermisst und die Daten auch gut sind, allerdings muss der Benutzer sich um einen baldigen Austausch der Pumpen kümmern
Weatherstation	zeigt an, dass eine Wetterstation korrekt verbunden ist und Werte übermittelt
IADS	zeigt an, dass das IADS korrekt verbunden ist und die Temperatur dem vorgegebenen Regelpunkt entspricht
Calibration	Überwacht die Kalibrierung online, sollte diese um mehr als 3.5 Rohdatenkanäle abweichen, wird der Fehler gesetzt.

<u>Bemerkung:</u> In einzelnen Fällen kann dieser Wert kurzfristig außerhalb liegen, was trotzdem bedeuten kann, dass das Gerät ordnungsgemäß funktioniert. Handlungsbedarf (d. h. eine Feldkalibrierung mit dem Kalibrierstaub) ist nur gegeben, wenn dies ein langfristiger Trend (24 Stunden) ist.

LED temperature	Die LED Lichtquelle wird temperaturgeregelt. Sollte in diesem Regelkreis ein Problem auftreten wird dieses Fehlerbit gesetzt.
Operating modus	Der Betriebsmodus sollte auf „auto“ gesetzt sein, ansonsten werden u. U. die Daten nicht korrekt abgespeichert, bzw. startet das Gerät nach einem Stromausfall nicht wieder selbstständig.

2.9 “expert user menu” – Expertenmodus

Für weitere Funktionen und Informationen kann der Benutzer in den Expertenmodus wechseln. Dieser Wechsel verlangt die Eingabe eines Codes, dieser lautet „1“ gefolgt von „-„ gefolgt von „accept“ (Abbildung 17).
Weitere Informationen zum Expertenmodus finden Sie im Handbuch zum Expertenmodus.

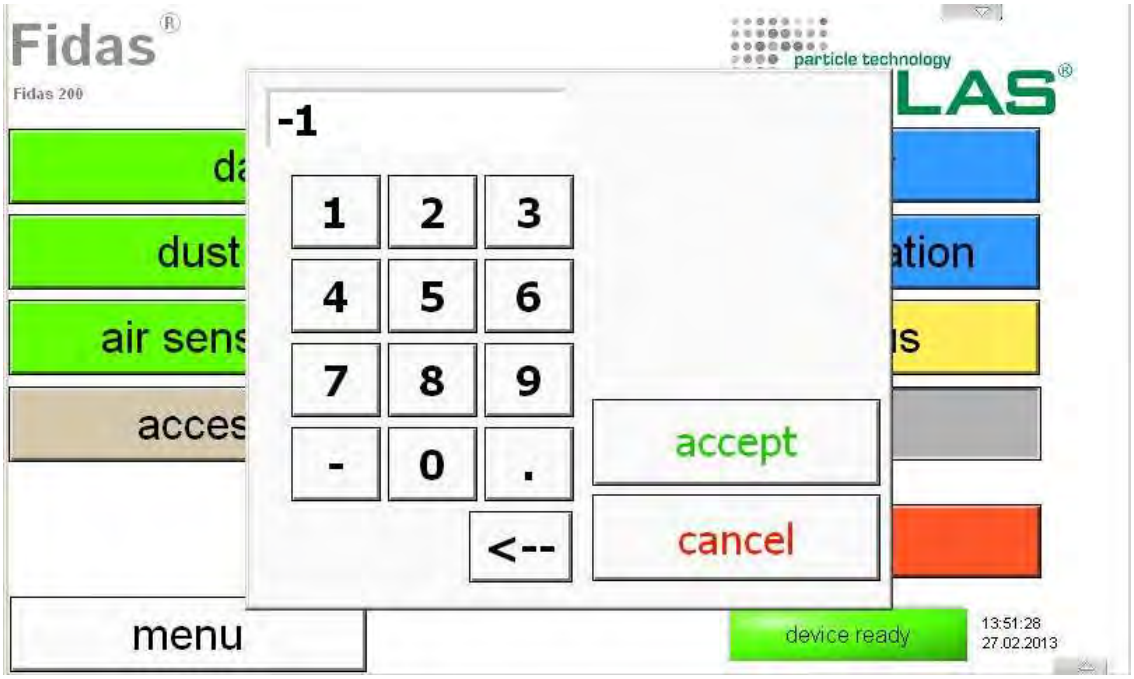


Abbildung 17: „expert user menu“ - Wechsel

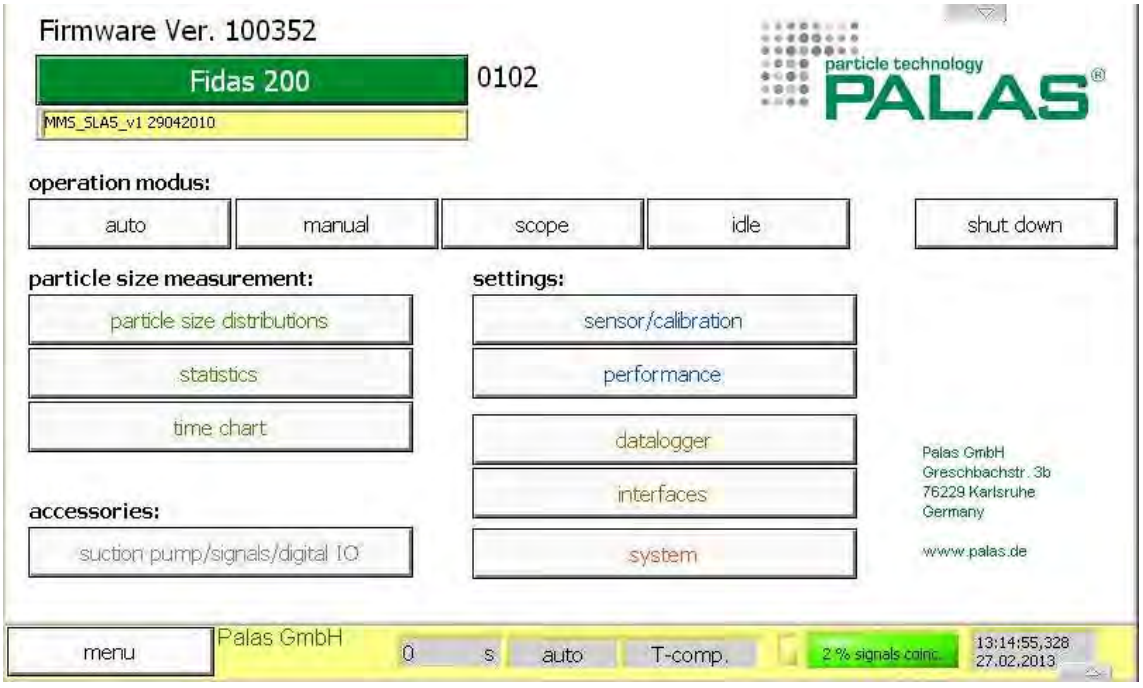


Abbildung 18: „expert user menu“ - Hauptmenü

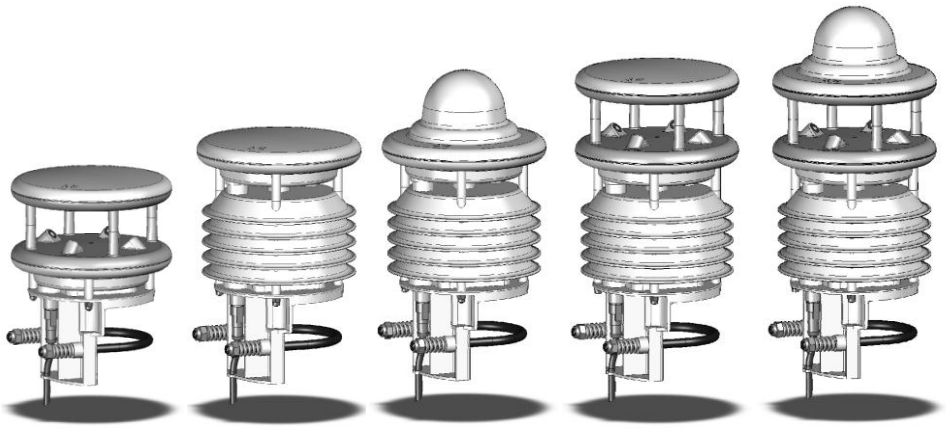
2.10 “shut down” – Fidas® ausschalten

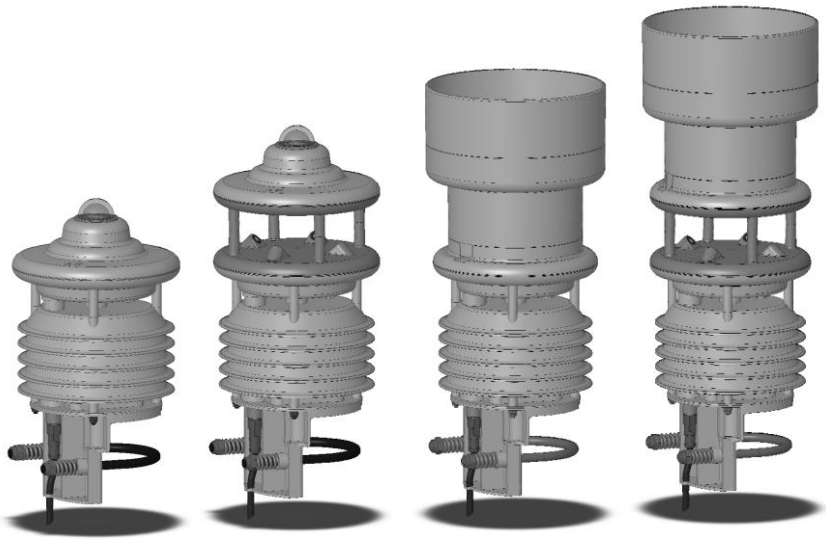
Zum Ausschalten des Fidas® empfehlen wir immer die Taste "shut down" zu verwenden.
Da die Fidas® Firmware auf einem dynamischen Betriebssystem läuft, das auf Windows XPembedded für industrielle Anwendungen basiert, sollten Fidas® Modelle niemals am Netzschalter ausgeschaltet werden, da es sonst zu einer Korruption des Datensystems kommen kann.

Betriebsanleitung Deutsch

Kompaktwetterstation

WS200-UMB
WS300-UMB
WS301-UMB WS302-UMB WS303-UMB WS304-UMB
WS400-UMB WS401-UMB
WS500-UMB
WS501-UMB WS502-UMB WS503-UMB WS504-UMB
WS600-UMB WS601-UMB





CE UMB

www.lufft.de Lufft

© G. Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH, Fellbach, Germany. Technische Änderungen vorbehalten!

Inhaltsverzeichnis

1 Vor Inbetriebnahme lesen 5
1.1 Verwendete Symbole 5
1.2 Sicherheitshinweise 5
1.3 Bestimmungsgemäße Verwendung 5
1.4 Fehlerhafte Verwendung 5
1.5 Gewährleistung 5
1.6 Verwendete Markennamen 5
2 Lieferumfang 6
3 Bestellnummern 7
3.1 Zubehör 9
3.2 Ersatzteile 9
3.3 Weitere Dokumente und Software 9
4 Gerätebeschreibung 10
4.1 Lufttemperatur und Luftfeuchte 10
4.2 Luftdruck 10
4.3 Niederschlag 11
4.4 Feuchtkugeltemperatur 11
4.5 Spezifische Enthalpie 11
4.6 Luftdichte 11
4.7 Wind 11
4.8 Kompass 11
4.9 Heizung 11
4.10 Globalstrahlung 11
4.11 Blattnässe 11
4.12 Externer Temperatursensor 11
4.13 Externe Kippwaage 11
4.14 Sensorik am Beispiel WS600-UMB 12
5 Messwertbildung 13
5.1 Aktueller Messwert (act) 13
5.2 Minimal- und Maximalwert (min und max) 13
5.3 Mittelwert (avg) 13
5.4 Vektorieller Mittelwert (vct) 13
6 Messwertausgabe 14
6.1 Luft- und Taupunkttemperatur 14
6.2 Windchill-Temperatur 14
6.3 Luftfeuchte 14
6.4 Luftdruck 14
6.5 Feuchtkugeltemperatur 15
6.6 Spezifische Enthalpie 15
6.7 Luftdichte 15
6.8 Windgeschwindigkeit 16
6.9 Windrichtung 16
6.10 Güte der Windmessung 17
6.11 Kompass 17
6.12 Niederschlagsmenge absolut 18
6.13 Niederschlagsmenge differentiell 18
6.14 Niederschlagsintensität 18
6.15 Niederschlagsart 19
6.16 Heizungstemperaturen 19
6.17 Globalstrahlung 19
6.18 Blattnässe 20

7 Montage ... 21
7.1 Befestigung ... 21
7.2 Ausrichtung nach Norden ... 22
7.3 Auswahl des Aufstellungsortes ... 23
8 Anschlüsse ... 25
8.1 Versorgungsspannung ... 25
8.2 RS485-Schnittstelle ... 25
8.3 Anschluss an ISOCON-UMB (8160.UISO) ... 26
8.4 Verwendung von Überspannungsschutz (8379.USP) ... 26
8.5 Anschluss des Blattnässe-Sensors ... 26
8.6 Anschluss externer Temperatur- und Niederschlags-Sensoren ... 26
9 Inbetriebnahme ... 27
10 Konfiguration und Test ... 28
10.1 Werkseinstellung ... 28
10.2 Konfiguration mit UMB-Config-Tool ... 28
10.3 Funktionstestmit UMB-Config-Tool ... 34
10.4 Betriebsarten der Kompaktwetterstation ... 35
10.5 Betriebsarten der Geräteheizung ... 37
11 Firmwareupdate ... 39
12 Wartung ... 39
12.1 Wartung Kippwaage ... 40
13 Technische Daten ... 41
13.1 Messbereich / Genauigkeit ... 43
13.2 Zeichnungen ... 46
14 EG-Konformitätserklärung ... 54
15 Fehlerbeschreibung ... 55
16 Entsorgung ... 56
16.1 Innerhalb der EU ... 56
16.2 Außerhalb der EU ... 56
17 Reparatur / Instandsetzung ... 56
17.1 Technischer Support ... 56
18 Externe Sensoren ... 57
18.1 Blattnässe-Sensor ... 57
18.2 Temperatur und Niederschlagssensoren ... 59
19 Anhang ... 61
19.1 Übersicht Kanalliste ... 61
19.2 Übersicht Kanalliste nach TLS2002 FG3 ... 63
19.3 Kommunikation im Binär-Protokoll ... 64
19.4 Kommunikation im ASCII-Protokoll ... 67
19.5 Kommunikation im Terminal-Mode ... 70
19.6 Kommunikation im SDI-12 Modus ... 73
19.7 Kommunikation im Modbus Modus ... 114
20 Abbildungsverzeichnis ... 123
21 Stichwortverzeichnis ... 124

1 Vor Inbetriebnahme lesen

Dieses Handbuch gilt für Geräte der Lufft WS Familie ab Geräteversion 31 (ab Juli 2012). Einzelne Funktionen oder Eigenschaften, die in diesem Handbuch beschrieben werden, können für ältere Geräte nicht verfügbar bzw. nicht gültig sein. Die Geräteversion ist aus der letzten Zahl der Seriennummer zu erkennen, z.B.: das Gerät mit SN: 063.1010.0701.**021** ist Version 21.

Falls Sie ein älteres Gerät der WS-Familie benutzen, sollten Sie auf das Handbuch für Geräte bis Version 29 zurückgreifen (www.lufft.com/de/support/downloads)

1.1 Verwendete Symbole

Wichtiger Hinweis auf mögliche Gefahren für den Anwender

Wichtiger Hinweis für die korrekte Funktion des Gerätes

1.2 Sicherheitshinweise

- Die Montage und Inbetriebnahme dürfen nur durch ausreichend qualifiziertes Fachpersonal erfolgen.
- Niemals an spannungsführenden Teilen messen oder spannungsführende Teile berühren.
- Technische Daten, Lager- und Betriebsbedingungen beachten.

1.3 Bestimmungsgemäße Verwendung

- Das Gerät darf nur innerhalb der spezifizierten technischen Daten betrieben werden.
- Das Gerät darf nur unter den Bedingungen und für die Zwecke eingesetzt werden, für die es konstruiert wurde.
- Die Betriebssicherheit und Funktion ist bei Modifizierung oder Umbauten nicht mehr gewährleistet.

1.4 Fehlerhafte Verwendung

Bei fehlerhafter Montage

- funktioniert das Gerät möglicherweise nicht oder nur eingeschränkt
- kann das Gerät dauerhaft beschädigt werden
- kann Verletzungsgefahr durch Herabfallen des Gerätes bestehen

Wird das Gerät nicht ordnungsgemäß angeschlossen

- funktioniert das Gerät möglicherweise nicht
- kann dieses dauerhaft beschädigt werden
- besteht unter Umständen die Gefahr eines elektrischen Schlags

1.5 Gewährleistung

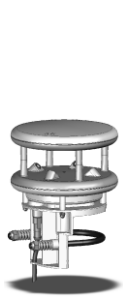
Die Gewährleistung beträgt 12 Monate ab Lieferdatum. Wird die bestimmungsgemäße Verwendung missachtet, erlischt die Gewährleistung.

1.6 Verwendete Markennamen

Alle verwendeten Markennamen unterliegen uneingeschränkt dem gültigen Markenrecht und dem Besitzrecht des jeweiligen Eigentümers.

2 Lieferumfang

- Gerät


WS200-UMB

WS300-UMB

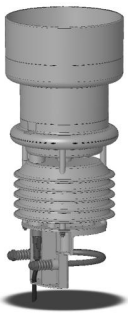
WS400-UMB

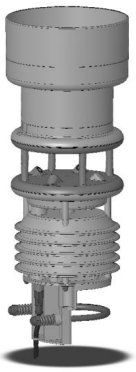
WS500-UMB

WS600-UMB

WS301-UMB

WS501-UMB


WS401-UMB


WS601-UMB

- Anschlusskabel 10m

- Betriebsanleitung

3 Bestellnummern

WS200-UMB **8371.U01**

- Windrichtung
- Windgeschwindigkeit
- Kompass

WS300-UMB **8372.U01**

- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Luftdruck

WS301-UMB **8374.U01**
WS302-UMB **8374.U10**
WS303-UMB **8374.U11**
WS304-UMB **8374.U12**

- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Luftdruck
- Globalstrahlung

WS400-UMB **8369.U01** (Europa, USA, Kanada)
8369.U02 (UK)

- Niederschlag Radar
- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Luftdruck

WS401-UMB **8377.U01**

- Niederschlag Kippwaage
- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Luftdruck

WS500-UMB **8373.U01**

- Windrichtung
- Windgeschwindigkeit
- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Luftdruck
- Kompass

WS501-UMB **8375.U01**
WS502-UMB **8375.U10**
WS503-UMB **8375.U11**
WS504-UMB **8375.U12**

- Windrichtung
- Windgeschwindigkeit
- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Luftdruck
- Kompass
- Globalstrahlung

WS600-UMB **8370.U01** (Europa, USA, Kanada)
- Niederschlag Radar **8370.U02** (UK)
- Windrichtung
- Windgeschwindigkeit
- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Luftdruck
- Kompass

WS601-UMB **8376.U01**

- Niederschlag Kippwaage
- Windrichtung
- Windgeschwindigkeit
- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Luftdruck
- Kompass

3.1 Zubehör

Netzteil 24V/100VA	8366.USV1
ISOCON-UMB	8160.UISO
Überspannungsschutz	8379.USP
Blattnässe-Sensor WLW100 (nur für WS401-UMB u. WS601-UMB)	8358.10
Externe Kippwaage WTB100	8353.10
Externe Temperatursensoren:	
Temperatursensor WT1	8160.WT1
Passiver Fahrbahnoberflächentemperatur-Sensor WST1	8160.WST1

3.2 Ersatzteile

Anschlussleitung 10m auf Anfrage

3.3 Weitere Dokumente und Software

Im Internet unter www.lufft.de finden Sie folgende Dokumente und Software zum Herunterladen.

Betriebsanleitung	• dieses Dokument
UMB-Config-Tool	• Software für Windows® zum Test, Firmwareupdate und zur Konfiguration der UMB-Geräte
UMB-Protokoll	• Kommunikationsprotokoll der UMB-Geräte
Firmware	• aktuelle Firmware des Gerätes

4 Gerätebeschreibung

Bei der WS-Familie handelt es sich um preisgünstige Kompaktwetterstationen zur Erfassung verschiedener Messgrößen, wie z.B. bei Umfelddatenerfassungen in der Verkehrstechnik. Je nach Variante enthält das Gerät eine unterschiedliche Kombination von Sensoren für die verschiedenen Messgrößen.

	WS200-UMB	WS300-UMB	WS301-UMB**	WS400-UMB	WS401-UMB	WS500-UMB	WS501-UMB***	WS600-UMB	WS601-UMB
Lufttemperatur		●	●	●	●	●	●	●	●
Luftfeuchte		●	●	●	●	●	●	●	●
Luftdruck		●	●	●	●	●	●	●	●
Niederschlag				●	●*			●	●*
Windrichtung	●					●	●	●	●
Windgeschwindigkeit	●					●	●	●	●
Kompass	●					●	●	●	●
Globalstrahlung			●				●		
Blattnässe (extern)					●				●
Temperatur (extern)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Kippwaage (extern)	●	●	●			●	●		
Energiesparmodus 2	●	●	●		●	●	●		●

*) WS401-UMB und WS601-UMB erfassen den Niederschlag mittels Kippwaage

**) gilt auch für WS302-UMB, WS303-UMB, WS304-UMB

***) gilt auch für WS502-UMB, WS503-UMB, WS504-UMB

Die in der Tabelle aufgeführten externen Sensoren sind optionales Zubehör und nicht Teil des Lieferumfangs. Die Tabelle gibt an, welche externen Sensoren an den verschiedenen Modellen angeschlossen werden können.

Hinweis: Der externe Temperatursensor und die externe Kippwaage benutzen den selben Eingang, daher kann immer nur einer der beiden angeschlossen werden.

Achtung: Bei Geräten mit Radar-Niederschlagserfassung ist darauf zu achten, dass es auf Grund der Zulassung des verwendeten Radarsensors unterschiedliche Ländervarianten gibt.

Der Anschluss des Gerätes erfolgt über einen 8-poligen Schraubsteckverbinder mit dem dazugehörigen Anschlusskabel (Länge 10m).

Die gemessenen Werte werden über die RS485-Schnittstelle gemäß dem UMB-Protokoll abgefragt.

Die Konfiguration und Messwertabfrage bei der Inbetriebnahme erfolgt mit dem UMB-Config-Tool (Windows®-PC-Software).

4.1 Lufttemperatur und Luftfeuchte

Die Ermittlung der Lufttemperatur erfolgt durch die Messung eines hochgenauen NTC-Widerstandes und die Feuchte mittels eines kapazitiven Feuchtesensors. Um äußere Einflüsse (wie z.B. Sonnenstrahlung) möglichst gering zu halten, befinden sich diese Sensoren in einem zwangsbelüfteten Strahlenschutz. Im Gegensatz zu herkömmlichen unbelüfteten Sensoren ermöglicht dies eine deutlich genauere Messung bei hohen Strahlungsleistungen.

Aus der Lufttemperatur und Luftfeuchte werden unter Berücksichtigung des Luftdrucks weitere Größen wie Taupunkt, absolute Feuchte und Mischungsverhältnis berechnet.

4.2 Luftdruck

Der absolute Luftdruck wird über einen integrierten Sensor (MEMS) im Inneren des Gerätes gemessen. Über die barometrische Höhenformel wird mit Hilfe der vom Anwender im Gerät konfigurierbaren Ortshöhe der relative Luftdruck bezogen auf Meereshöhe (NN) berechnet.

4.3 Niederschlag

Für die Erfassung des Niederschlags wird die bewährte Radartechnik aus dem R2S-UMB-Sensor verwendet. Der Niederschlagssensor arbeitet mit einem 24GHz Doppler-Radar, mit dem die Tropfengeschwindigkeit erfasst und anhand der Korrelation von Tropfengröße und Geschwindigkeit die Niederschlagsmenge und -art berechnet wird.
WS401-UMB und WS601-UMB verwenden statt der Radartechnik eine unbeheizte Kippwaage zur Niederschlagserfassung. Diese Ausführung bietet sich u.a. für Anwendungen mit niedrigem Energiebedarf an.

4.4 Feuchtkugeltemperatur

Die Feuchtkugeltemperatur ist die Temperatur, die sich an einer befeuchteten oder vereisten Oberfläche bei vorbeiströmender Luft einstellt.

4.5 Spezifische Enthalpie

Zustandsgröße der feuchten Luft, die sich aus den spezifischen Enthalpien (Wärmeinhalten) der Komponenten des Gemisches zusammensetzt und auf den Masseanteil der trockenen Luft (bei 0°C) bezogen ist.

4.6 Luftdichte

Die Luftdichte gibt an, wie viel Masse in einem bestimmten Volumen Luft enthalten ist und wird aus den Größen Lufttemperatur, Luftfeuchte und Luftdruck berechnet.

4.7 Wind

Die Windmessung erfolgt über 4 Ultraschallsensoren. Hierbei werden zyklisch Messungen in alle Richtungen gemacht. Über die Laufzeitdifferenz des Schalls wird die daraus resultierende Windgeschwindigkeit und –richtung berechnet. Der Sensor liefert ein Qualitätssignal, das anzeigt, wie viele gültige Messwerte während des Messintervalls in die Berechnung eingeflossen sind.

4.8 Kompass

Mit dem integrierten elektronischen Kompass kann die Nordausrichtung des Sensors für die Windrichtungsmessung kontrolliert, bzw. die Windrichtung korrigiert werden.

4.9 Heizung

Für den Winterbetrieb sind der Niederschlagsensor und der Windmesser beheizt.

4.10 Globalstrahlung

Die Globalstrahlung wird mit dem in der Kappe der Kompaktwetterstation montierten Pyranometer erfasst.

4.11 Blattnässe

WS401-UMB und WS601-UMB können mit einem externen Sensor zur Erfassung der Blattnässe ausgestattet werden.

4.12 Externer Temperatursensor

Alle Modelle können optional mit einem externen NTC Temperaturfühler für die Erfassung der Temperatur an zusätzlichen Messstellen ausgestattet werden. Der NTC-Typ entspricht dem auch für die interne Lufttemperaturmessung verwendeten.

Externer Temperatursensor und externe Kippwaage können **nicht** gleichzeitig angeschlossen werden.

4.13 Externe Kippwaage

Alle Modelle, die nicht über eine integrierte Niederschlagserfassung verfügen, können mit einer externen Kippwaage ergänzt werden.

Externe Kippwaage und externer Temperatursensor können **nicht** gleichzeitig angeschlossen werden.

4.14 Sensorik am Beispiel WS600-UMB

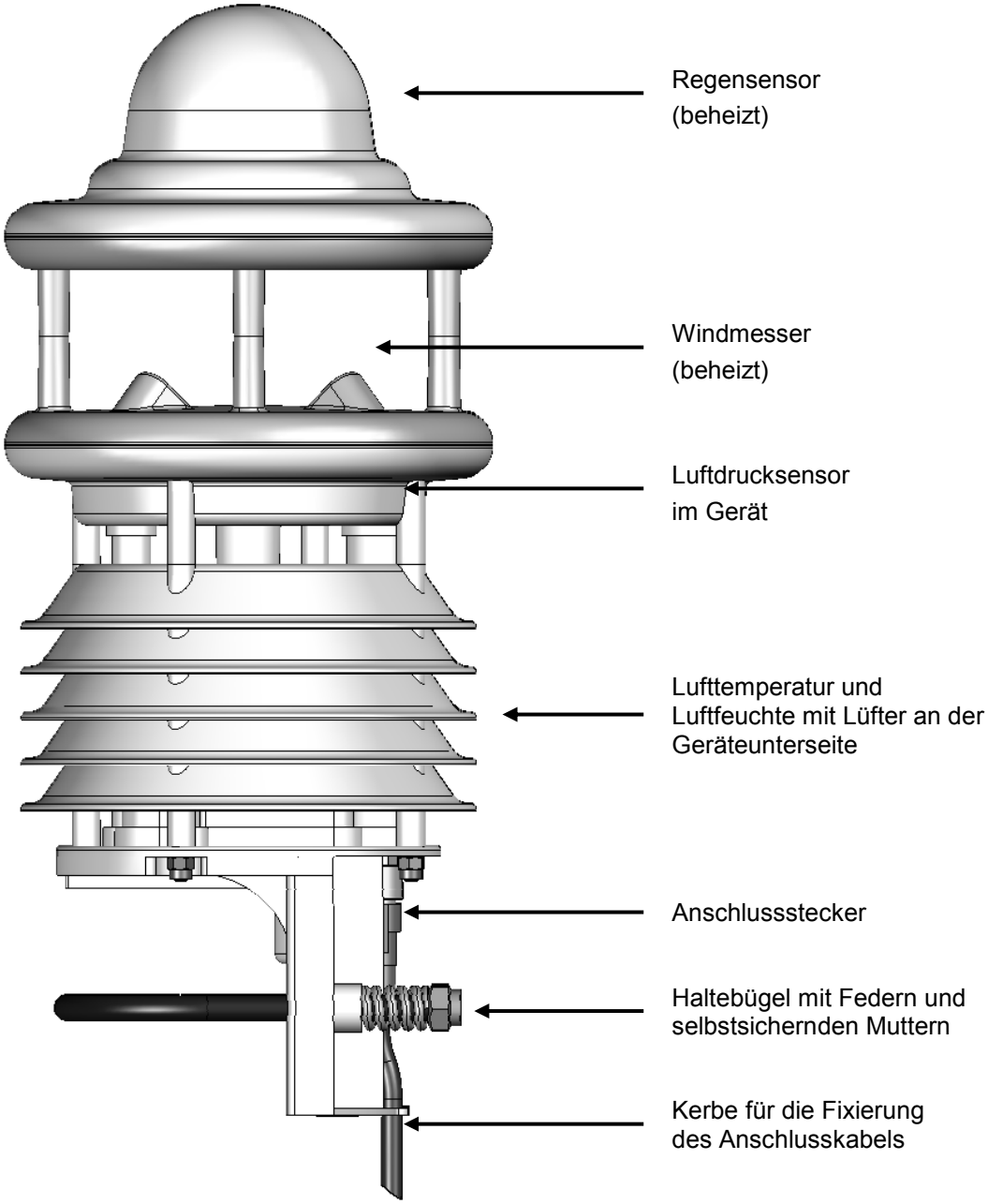


Abb. 1: Sensorik

5 Messwertbildung

5.1 Aktueller Messwert (act)

Bei der Abfrage des aktuellen Messwertes wird der Wert der letzten Messung gemäß der angegebenen Messrate ausgegeben. Jeder Messwert wird für die weitere Berechnung von Minimal-, Maximal- und Mittelwert in einem Ringpuffer gespeichert.

5.2 Minimal- und Maximalwert (min und max)

Bei der Abfrage des Minimal- und Maximalwertes wird der entsprechende Wert über den Ringpuffer mit dem in der Konfiguration angegebenen Intervall (1 – 10 Minuten) berechnet und ausgegeben.

Hinweis: Bei der Windrichtung gibt der Minimal- / Maximalwert die Richtung an, bei der die minimale / maximale Windgeschwindigkeit gemessen wurde.

5.3 Mittelwert (avg)

Bei der Abfrage des Mittelwertes wird dieser über den Ringpuffer mit dem in der Konfiguration angegebenen Intervall (1 – 10 Minuten) berechnet und ausgegeben. Somit lassen sich auch gleitende Mittelwerte bilden.

Für einzelne Messwerte wird über das gleiche Intervall die Standardabweichung berechnet. Die Berechnung der Standardabweichung wird nur eingeschaltet, nachdem der betreffende UMB-Kanal erstmals angefordert wurde.

5.4 Vektorieller Mittelwert (vct)

Speziell bei der Windmessung werden die Messwerte vektoriell berechnet. Hierzu werden intern die Mittelwerte der Vektoren gebildet. Ausgegeben werden dann der Betrag (Windgeschwindigkeit) und Winkel (Windrichtung) des Vektors.

Hinweis: Im Auslieferzustand beträgt der Berechnungsintervall für die Minimal-, Maximal- und Mittelwertberechnung 10 Minuten. Bei Bedarf kann das mit Hilfe des UMB-Config-Tools den jeweiligen Anforderungen (1 – 10 Minuten) angepasst werden (siehe Seite 28).

6 Messwertausgabe

Die Messwertausgabe erfolgt im Auslieferungszustand gemäß dem UMB-Binär-Protokoll.

Ein Beispiel einer Abfrage in den verschiedenen Protokollen und die komplette Übersicht der Kanalliste finden Sie im Anhang.

6.1 Luft- und Taupunkttemperatur

Messrate 1 Minute

Mittelwertbildung 1 – 10 Minuten

Einheiten °C; °F

Abfragekanäle:

UMB-Kanal					Messbereich		
act	min	max	avg	Messgröße (float32)	min	max	Einheit
100	120	140	160	Lufttemperatur	-50,0	60,0	°C
105	125	145	165	Lufttemperatur	-58,0	140,0	°F
110	130	150	170	Taupunkttemperatur	-50,0	60,0	°C
115	135	155	175	Taupunkttemperatur	-58,0	140,0	°F
101				Externer Temperatursensor	-40,0	80,0	°C
106				Externer Temperatursensor	-40,0	176,0	°F

6.2 Windchill-Temperatur

Messrate 1 Minute, berechnet auf Basis der Mittelwerte von Temperatur und Windgeschwindigkeit

Einheiten °C; °F

Abfragekanäle:

UMB-Kanal					Messbereich		
act	min	max	avg	Messgröße (float32)	min	max	Einheit
111				Windchill-Temperatur	-60,0	70,0	°C
116				Windchill-Temperatur	-76,0	158,0	°F

6.3 Luftfeuchte

Messrate 1 Minute

Mittelwertbildung 1 – 10 Minuten

Einheiten %r.F.; g/m³; g/kg

Abfragekanäle:

UMB-Kanal					Messbereich		
act	min	max	avg	Messgröße (float32)	min	max	Einheit
200	220	240	260	relative Luftfeuchte	0,0	100,0	%
205	225	245	265	absolute Luftfeuchte	0,0	1000,0	g/m³
210	230	250	270	Mischungsverhältnis	0,0	1000,0	g/kg

6.4 Luftdruck

Messrate 1 Minute

Mittelwertbildung 1 – 10 Minuten

Einheit hPa

Abfragekanäle:

UMB-Kanal					Messbereich		
act	min	max	avg	Messgröße (float32)	min	max	Einheit
300	320	340	360	absoluter Luftdruck	300	1200	hPa
305	325	345	365	relativer Luftdruck	300	1200	hPa

Hinweis: Für die korrekte Ermittlung des relativen Luftdrucks muss in der Geräte-konfiguration (siehe Abb. 11 auf Seite 30) die Ortshöhe des Standortes eingegeben werden. In der Werkseinstellung ist für die Ortshöhe 0m eingetragen; somit liefern beide Messgrößen dieselben Werte.

6.5 Feuchtkugeltemperatur

Messrate 1 Minute

Einheiten °C; °F

Abfragekanäle:

UMB-Kanal					Messbereich		
act				Messgröße (float32)	min	max	Einheit
114				Feuchtkugeltemperatur	-50,0	60,0	°C
119				Feuchtkugeltemperatur	-58,0	140,0	°F

6.6 Spezifische Enthalpie

Messrate 1 Minute

Einheiten kJ/kg

Abfragekanäle:

UMB-Kanal					Messbereich		
act				Messgröße (float32)	min	max	Einheit
215				Spezifische Enthalpie	-100,0	1000,0	kJ/kg

6.7 Luftdichte

Messrate 1 Minute

Einheiten kg/m³

Abfragekanäle:

UMB-Kanal					Messbereich		
act				Messgröße (float32)	min	max	Einheit
310				Luftdichte	0,0	3,0	kg/m³

6.8 Windgeschwindigkeit

Messrate 10 Sekunden

Mittelwertbildung 1 – 10 Minuten

Maximalwertbildung 1 – 10 Minuten auf Basis der internen Sekundenmesswerte

Einheiten m/s; km/h; mph; kts

Ansprechschwelle 0,3 m/s

Abfragekanäle:

UMB-Kanal						Messbereich		
act	min	max	avg	vct	Messgröße (float32)	min	max	Einheit
400	420	440	460	480	Windgeschwindigkeit	0	75,0	m/s
405	425	445	465	485	Windgeschwindigkeit	0	270,0	km/h
410	430	450	470	490	Windgeschwindigkeit	0	167,8	mph
415	435	455	475	495	Windgeschwindigkeit	0	145,8	kts
401					Windgeschwindigkeit schnell	0	75,0	m/s
406					Windgeschwindigkeit schnell	0	270,0	km/h
411					Windgeschwindigkeit schnell	0	167,8	mph
416					Windgeschwindigkeit schnell	0	145,8	kts
403					Windgeschwindigkeit Standardabweichung	0	75,0	m/s
413					Windgeschwindigkeit Standardabweichung	0	167,8	mph

Hinweis: Für die Ausgabe des aktuellen Messwertes werden die Sekundenmesswerte über 10 Sekunden gemittelt. Die ‚schnellen' Kanäle liefern jede Sekunde einen aktuellen Messwert, jedoch mit eingeschränkter Genauigkeit.

6.9 Windrichtung

Messrate 10 Sekunden

Mittelwertbildung 1 – 10 Minuten

Maximalwertbildung 1 – 10 Minuten auf Basis der internen Sekundenmesswerte

Einheit °

Ansprechschwelle 0,3 m/s

Abfragekanäle:

UMB-Kanal						Messbereich		
act	min	max	avg	vct	Messgröße (float32)	min	max	Einheit
500	520	540		580	Windrichtung	0	359,9	°
501					Windrichtung schnell	0	359,9	°
502					Windrichtung, korrigiert	0	359,9	°
503					Windrichtung Standardabweichung	0	359,9	°

Hinweis: Für die Ausgabe des aktuellen Messwertes werden die Sekundenmesswerte über 10 Sekunden gemittelt. Die ‚schnellen' Kanäle liefern jede Sekunde einen aktuellen Messwert, jedoch mit eingeschränkter Genauigkeit.

Die minimale / maximale Windrichtung gibt die Richtung an, bei der die minimale / maximale Windgeschwindigkeit gemessen wurde.

Die korrigierte Windrichtung wird mit Hilfe der vom Kompass gemessenen Nord-Ausrichtung berechnet.

Optional kann die Kompass-Korrektur der Windrichtung für alle Windrichtungsmesswerte aktiviert werden (Einstellung mit Hilfe des UMB-Config-Tools).

Hinweis: Die Kompasskorrektur ist für die Korrektur der Windrichtung bei statischer Montage des Sensors ausgelegt. Wenn sich die Ausrichtung des Sensors während der Messung ändert (Montage auf beweglicher Plattform) ist eine korrekte Bildung vor allem des vektoriellen Mittelwertes nicht gegeben.

Kein Problem ist der Einsatz auf mobilen Plattformen, bei denen die Ausrichtung zwischen einzelnen Messperioden geändert wird.

6.10 Güte der Windmessung

Messrate 10 Sekunden

Einheit %

Abfragekanäle:

UMB-Kanal						Messbereich		
act	min	max	avg	vct	Messgröße (float32)	min	max	Einheit
805					Güte der Windmessung	0	100	%

Hinweis: Der Wert wird alle 10 Sekunden aktualisiert und gibt die minimale Güte der Windmessung der letzten Minute aus.

Mit diesem Wert lässt sich beurteilen wie gut das Messsystem bei den entsprechenden Umgebungsbedingungen funktioniert. Im Normalfall beträgt der Wert 90 - 100%. Werte bis 50% stellen noch kein generelles Problem dar. Sinkt der Wert gegen Null stößt das Messsystem an seine Grenzen.

Kann das System bei kritischen Umgebungsbedingungen nicht mehr zuverlässig messen, wird bei der Windgeschwindigkeit und Windrichtung der Fehlerwert 55h (85d) (Gerät kann auf Grund der Umgebungsbedingungen keine gültige Messung durchführen) ausgegeben.

6.11 Kompass

(ab Geräteversion 030)

Messrate: 5 min

Einheit: °

Abfragekanäle:

UMB-Kanal						Messbereich		
act	min	max	avg	vct	Messgröße (float32)	min	max	Einheit
510					Kompass	0	359	°

Hinweis: Ein zuverlässiger Betrieb des Kompasses ist nur möglich, wenn der Sensor entsprechend den Vorgaben montiert wurde, d.h. auf der Mastspitze. Bei der Montage auf einem Ausleger kann die von den Kalibrierbedingungen unterschiedliche Verteilung der Eisenmassen zu abweichender Anzeige führen. Dies gilt auch für evtl. noch an der Mastspitze montierte Blitzableiter!

Abhängig vom Aufstellungsort ist die Deklination (Orts-Missweisung), d.h. die lokale Abweichung des magnetischen vom geografischen Norden zu beachten und mit Hilfe des UMB-Config-Tools einzutragen (siehe Seite 27). Die Deklination kann im Internet, z.B.

http://www-app3.gfz-potsdam.de/Declinationcalc/declinationcalc.html

http://www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/Declination.jsp

ermittelt werden.

6.12 Niederschlagsmenge absolut

Messrate Ereignisabhängig bei Erreichen der Ansprechschwelle

Ansprechschwelle 0,01mm (Radar)

Ansprechschwelle 0,2 / 0,5mm (Kippwaage)

Einheiten l/m²; mm; in; mil

Abfragekanäle:

UMB-Kanal	Messgröße (float32)	Einheit
600	Niederschlagsmenge absolut	l/m²
620	Niederschlagsmenge absolut	mm
640	Niederschlagsmenge absolut	in
660	Niederschlagsmenge absolut	mil

Hinweis: Dieser Messwert gibt die aufsummierte Niederschlagsmenge seit dem letzten Neustart des Gerätes aus. Um diesen Wert zurückzusetzen muss die entsprechende Funktion im UMB-Config-Tool (siehe Seite 33) verwendet werden oder das Gerät für mind. 1 Stunde von der Versorgungsspannung getrennt werden.

6.13 Niederschlagsmenge differentiell

Messrate Ereignisabhängig bei Erreichen der Ansprechschwelle

Ansprechschwelle 0,01mm (Radar)

Ansprechschwelle 0,2 / 0,5mm (Kippwaage)

Einheiten l/m²; mm; in; mil

Abfragekanäle:

UMB-Kanal	Messgröße (float32)	Einheit
605	Niederschlagsmenge differentiell	l/m²
625	Niederschlagsmenge differentiell	mm
645	Niederschlagsmenge differentiell	in
665	Niederschlagsmenge differentiell	mil

Hinweis: Jede Abfrage eines differentiellen Kanals setzt die jeweilige bis zu dem Zeitpunkt aufsummierte Menge auf Null zurück! Geht die Antwort des Gerätes auf Grund eines Übertragungsfehlers (z.B. schlechte GPRS-Verbindung) verloren, geht auch die bis dahin aufsummierte Menge verloren. Bei einem Neustart des Gerätes wird die bis dahin aufsummierte Menge ebenfalls zurückgesetzt.

6.14 Niederschlagsintensität

Messrate 1 Minute

Ansprechschwelle 0,6 mm/h

Einheiten l/m²/h; mm/h; in/h; mil/h

Abfragekanäle:

UMB-Kanal	Messgröße (float32)	Messbereich	Einheit
800	Niederschlagsintensität	0 … 200,0	l/m²/h
820	Niederschlagsintensität	0 … 200,0	mm/h
840	Niederschlagsintensität	0 … 7,874	in/h
860	Niederschlagsintensität	0 … 7874	mil/h

Hinweis: Bei den Versionen mit Radarerfassung (WS400-UMB, WS600-UMB) wird die Niederschlagsintensität wird immer über die Niederschlagsdifferenz der letzten Minute berechnet.

Da die geringere Auflösung der Kippwaagen-Versionen (WS401-UMB, WS601-UMB), sowie bei der Verwendung der externen Kippwaage, zu stark schwankenden Niederschlagsintensitätswerten führen würde, wird hier der akkumulierte Niederschlag der letzten Stunde vor der Abfrage für die Intensitätsberechnung zugrunde gelegt.

6.15 Niederschlagsart

Messrate Ereignisabhängig bei Erreichen der Ansprechschwelle

Ansprechschwelle 0,01mm (Radar)

Ansprechschwelle 0,2 / 0,5mm (Kippwaage)

Nachlaufzeit 2 Minuten

Abfragekanäle:

UMB-Kanal	Messgröße (uint8)	Kodierung
700	Niederschlagsart	0 = kein Niederschlag 60 = flüssiger Niederschlag, z.B. Regen 70 = fester Niederschlag, z.B. Schnee 40 = unspezifizierter Niederschlag (WS401-UMB, WS601-UMB, ext. Kippwaage)

Hinweis: Eine erkannte Niederschlagsart bleibt nach Ende des Niederschlagsereignisses noch für 2 Minuten stehen. Um auch Niederschlagsarten zu erfassen, welche nur kurzzeitig auftreten (z.B. kurzzeitiger Regen), sollte das Abfrageintervall mind. 1min sein.

Eis-, Schneeregen und Hagel werden als Regen (60) ausgegeben.

Die Versionen WS401-UMB und WS601-UMB, sowie die externe Kippwaage, haben keine Detektion der Niederschlagsart, daher wird hier ausschließlich Kode 40 (unspezifierter Niederschlag) verwendet. Durch das Funktionsprinzip der Kippwaage kann nur flüssiger bzw. getauter Niederschlag erfasst werden.

6.16 Heizungstemperaturen

Messrate 1 Minute

Einheiten °C; °F

Abfragekanäle:

UMB-Kanal					Messbereich		
act	min	max	avg	Messgröße (float32)	min	max	Einheit
112				Heizungstemperatur Windmesser	-50,0	150,0	°C
113				Heizungstemperatur Regensensor	-50,0	150,0	°C
117				Heizungstemperatur Windmesser	-58,0	302,0	°F
118				Heizungstemperatur Regensensor	-58,0	302,0	°F

6.17 Globalstrahlung

Messrate 1 Minute

Mittelwertbildung 1 – 10 Minuten

Einheit W/m²

Abfragekanäle:

UMB-Kanal					Messbereich		
act	min	max	avg	Messgröße (float32)	min	max	Einheit
900	920	940	960	Globalstrahlung	0,0	1400,0	W/m²

6.18 Blattnässe

Messrate 1 Minute

Mittelwertbildung 1 – 10 Minuten (entsprechend der Einstellung für rel. Luftfeuchte)

Einheit mV / Zustand

Abfragekanäle:

UMB-Kanal					Messbereich		
act	**min**	**max**	**avg**	**Messgröße (float32)**	**min**	**max**	**Einheit**
710	730	750	770	Blattnässe mV	0,0	1500,0	mV
711				Blattnässe-Zustand	0 = trocken 1 = nass		

Der Blattnässe-Zustand wird über den einstellbaren Schwellwert ermittelt. Die Einstellung des Schwellwertes ist nach den Angaben des Sensor-Handbuchs vorzunehmen und ggfs. im Rahmen der Wartung zu korrigieren.

7 Montage

Die Halterung des Sensors ist für eine Montage am Mastende für einen Mastdurchmesser von 60 – 76mm konzipiert.

Für die Montage wird folgendes Werkzeug benötigt:

- Gabel- oder Ringschlüssel SW13
- Kompass für die Ausrichtung des Windmessers nach Norden

7.1 Befestigung

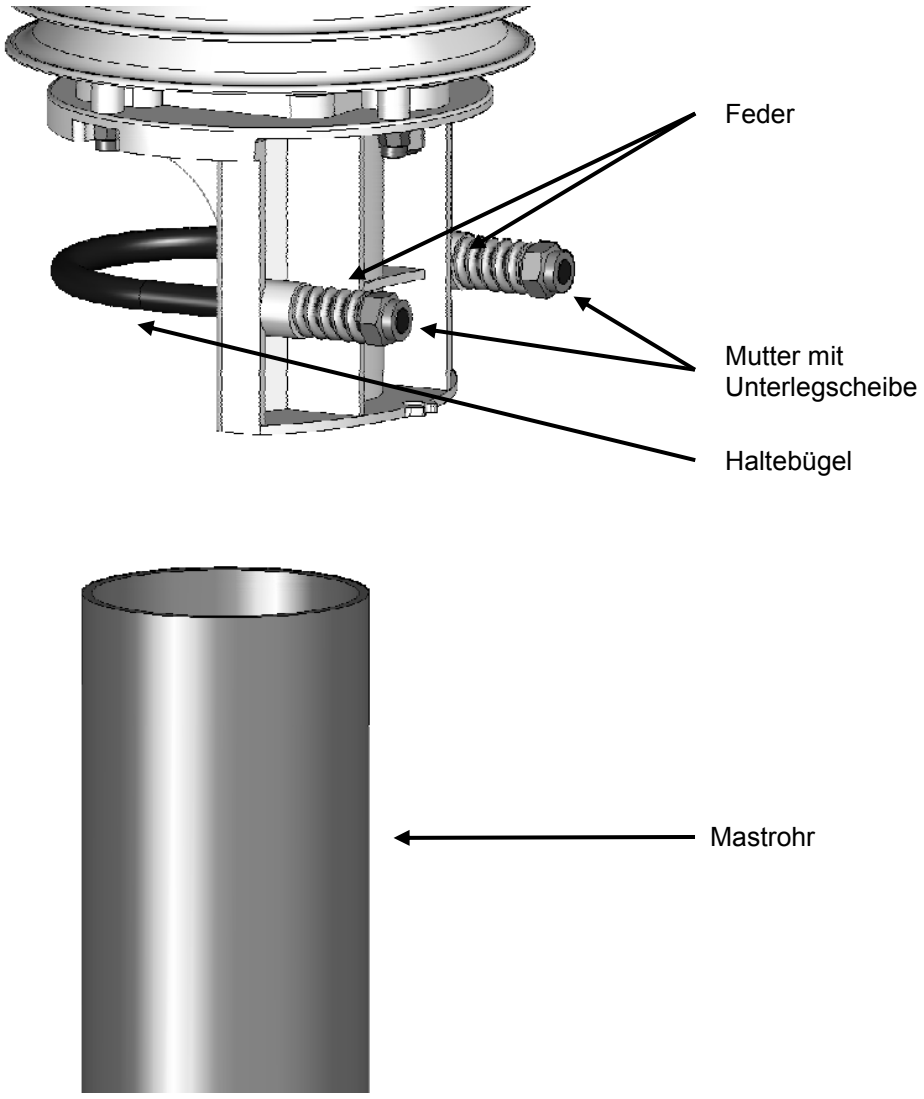


Abb. 2:
Mastbefestigung

- Muttern lösen
- Sensor von oben auf das Rohrende schieben
- Muttern gleichmäßig anziehen bis die Federn anliegen, sich der Sensor aber noch leicht bewegen lässt
- Sensor nach Norden ausrichten (für Windmesser)
- beide Muttern mit **3 Umdrehungen** anziehen

7.2 Ausrichtung nach Norden

Für die korrekte Anzeige der Windrichtung muss der Sensor nach Norden ausgerichtet werden. Hierfür sind am Sensor mehrere Richtungspfeile angebracht.

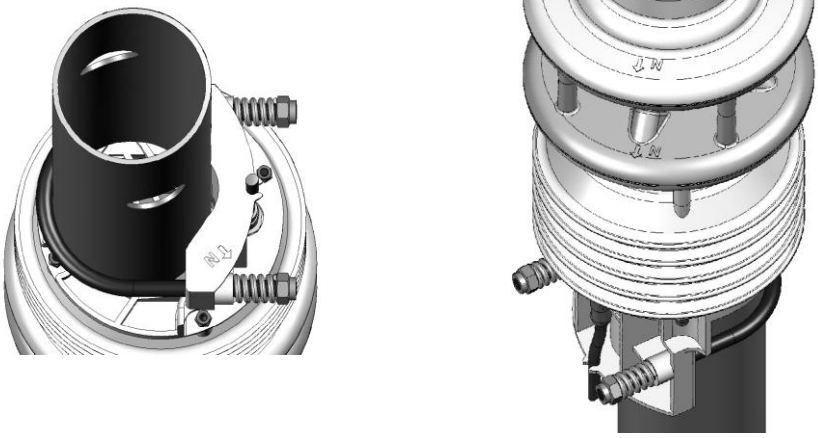


Abb. 3: Kennzeichnung Norden

Vorgehensweise:

- bei bereits montiertem Sensor zuerst beide Muttern gleichmäßig so weit lösen, bis sich der Sensor leicht drehen lässt
- mit Kompass Norden ermitteln und einen Anhaltspunkt am Horizont festhalten
- Sensor so ausrichten, dass die Sensoren Süd und Nord in Deckung mit dem am Horizont festgehaltenen Anhaltspunkt im Norden sind
- beide Muttern mit 3 Umdrehungen anziehen

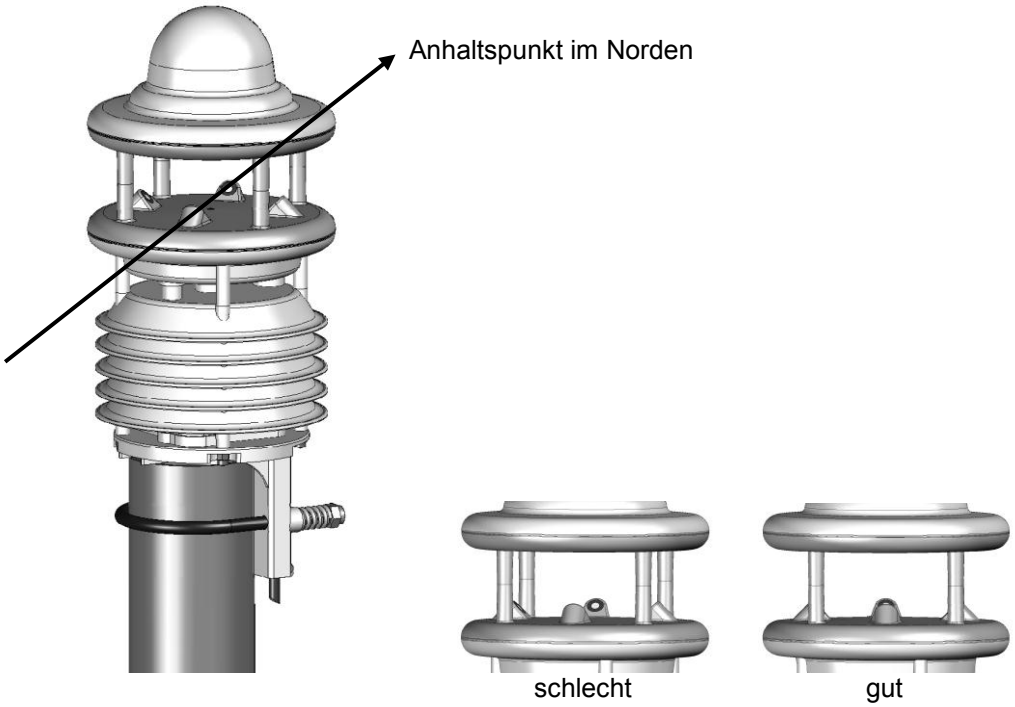


Abb. 4: Ausrichtung Norden

Hinweis: Da der vom Kompass angezeigte magnetische Nordpol vom geografischen Nordpol abweicht, muss die Deklination (Ortsmissweisung) am Standort bei der Ausrichtung des Sensors berücksichtigt werden.

Je nach Standort kann, z.B. in Nordamerika, die Abweichung bei über 15° liegen. In Mitteleuropa kann die Abweichung derzeit weitgehend vernachlässigt werden (< 3°). Im Internet finden Sie weitere hilfreiche Informationen zu diesem Thema.

7.3 Auswahl des Aufstellungsortes

Um eine langfristige und korrekte Funktion des Gerätes zu gewährleisten, sind folgende Punkte bei der Auswahl des Aufstellungsortes zu beachten.

7.3.1 Generelle Hinweise

- stabiler Untergrund für die Mastbefestigung
- freier Zugang zur Anlage für Wartungsarbeiten
- zuverlässige Netzversorgung für dauerhaften Betrieb
- gute Netzabdeckung bei Übertragung über ein Mobilfunknetz

Hinweis: Die ermittelten Messwerte gelten nur punktuell am Standort der Anlage. Es können keine Rückschlüsse auf die weitere Umgebung oder eine ganze Strecke gezogen werden.

ACHTUNG:

- Für die Montage am Mast sind nur zugelassene und geprüfte Hilfsmittel (Leiter, Steiger usw.) zu verwenden.
- Es müssen alle geltenden Vorschriften bei der Arbeit in dieser Höhe beachtet werden.
- Der Mast muss ausreichend dimensioniert und verankert sein.
- Der Mast muss vorschriftsmäßig geerdet sein.
- Bei der Arbeit am Fahrbahnrand und in Fahrbahnnähe sind die entsprechenden Sicherheitsvorschriften zu beachten.

Bei fehlerhafter Montage

- funktioniert das Gerät möglicherweise nicht
- kann das Gerät dauerhaft beschädigt werden
- kann Verletzungsgefahr durch Herabfallen des Gerätes bestehen

7.3.2 Sensoren mit Windmessung / Kompass

- Montage am oberen Mastende
- Montagehöhe mind. 2 Meter über dem Boden
- freies Umfeld um den Sensor

Hinweis: Gebäude, Brücken, Böschungen und Bäume können die Windmessung verfälschen. Ebenso kann vorbeifahrender Verkehr Windstöße verursachen, welche die Windmessung beeinflussen.

Hinweis: für genaue Kompassmesswerte wird ein Aluminium-Mast empfohlen.

7.3.3 Sensoren mit Radar-Niederschlagsmessung

- Montage am oberen Mastende
- Montagehöhe mind. 4,5 Meter über dem Boden
- Abstand zur Fahrbahn mindestens 10m
- Abstand zu beweglichen Gegenständen (z.B. Bäume, Sträucher oder auch Brücken) in der Höhe des Sensors mindestens 10m

Hinweis: Herabfallende oder sich bewegende Gegenstände, wie z.B. fallende oder sich im Wind bewegende Blätter, können verfälschte Messwerte bzw. falsche Niederschlagsarten verursachen.

Hinweis: Starker Wind kann die Genauigkeit der Niederschlagsmessung beeinträchtigen.

Hinweis: Bei der Auswahl des Aufstellungsortes ist darauf zu achten, dass das Gerät mit ausreichendem Abstand zu anderen Systemen mit 24GHz-Radar-Sensor, wie z.B. Verkehrszählungseinrichtungen auf Schilderbrücken, aufgestellt wird. Andernfalls können gegenseitige Beeinflussungen und Fehlfunktionen der Systeme nicht ausgeschlossen werden. Der Abstand zu den anderen Messsystemen hängt letztlich auch von deren Reichweite und Signalstärke ab.

7.3.4 Sensoren mit Niederschlags-Kippwaage

- Montage am oberen Mastende oder am Ausleger mit Abstand zum Mast
- Genau senkrechte Stellung des Mastes bzw. Auslegers beachten, Abweichungen können die Genauigkeit der Kippwaage beeinflussen

Hinweis: Der Standort sollte so gewählt werden, dass eine Verschmutzung des Trichters durch fallende Blätter etc. soweit wie möglich vermieden wird.

7.3.5 Sensoren mit Globalstrahlungsmessung

- Montage am oberen Mastende
- Schattenfreier Standort, wenn möglich rundum freie Sicht in Höhe des Pyranometers
- Abstand zu schattenwerfenden Objekten (Bäume, Gebäude) mindestens das 10-fache der Höhe des Objektes relativ zum Sensor.

7.3.6 Montage-Skizze

Beispiel WS600-UMB:

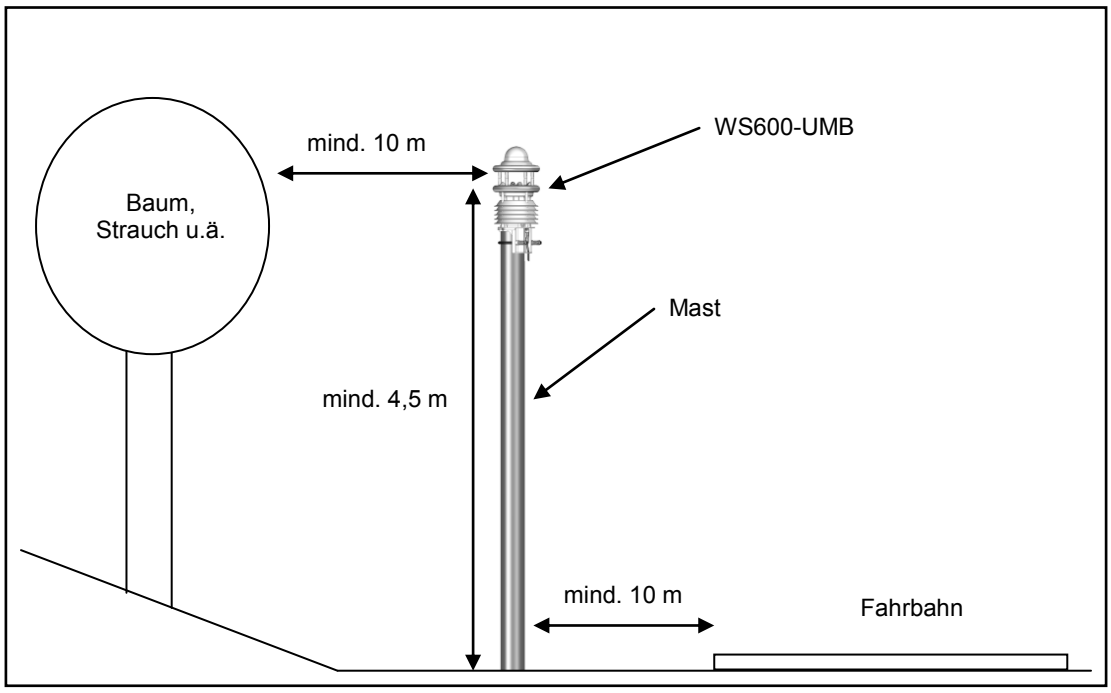


Abb. 5: Montage-Skizze

8 Anschlüsse

Auf der Unterseite des Gerätes befindet sich ein 8-poliger Steckschraubverbinder. Dieser dient zum Anschluss der Versorgungsspannung und der Schnittstelle mit dem mitgelieferten Anschlusskabel.

Geräteanschlussstecker:

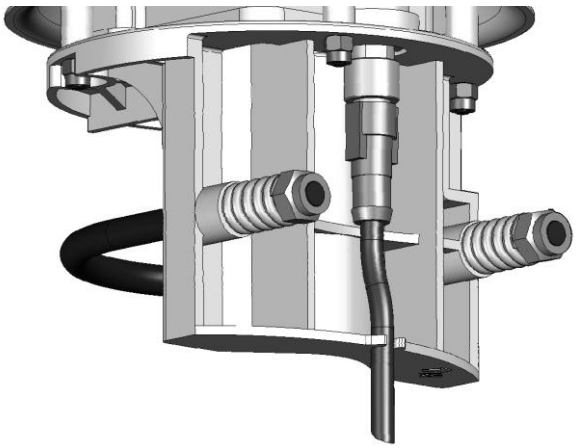
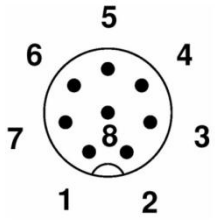


Abb. 6:
Anschlussstecker



Draufsicht Geräteanschluss

Anschlussbelegung:

1	weiß	Masse Versorgungsspannung
2	braun	positive Versorgungsspannung
3	grün	RS485_A / SDI-12 GND
4	gelb	RS485_B / SDI-12 Data Line
5	grau	Externer Sensor a
6	rosa	Externer Sensor b
7	blau	Masse Heizungsspannung
8	rot	positive Heizungsspannung

Die Kabelkennzeichnung entspricht DIN 47100.

Hinweis: zum Anschließen des Gerätesteckers muss die gelbe Schutzkappe entfernt werden.

Wird das Gerät nicht ordnungsgemäß angeschlossen

- funktioniert das Gerät möglicherweise nicht
- kann dieses dauerhaft beschädigt werden
- besteht unter Umständen die Gefahr eines elektrischen Schlags

Auch beim Anschluss der Heizungsspannung ist unbedingt auf richtige Polarität zu achten, Verpolung der Heizungsspannung führt ebenso wie Verpolung der Versorgungsspannung zu Beschädigungen des Gerätes!

8.1 Versorgungsspannung

Die Versorgung der Kompaktwetterstation erfolgt über eine Gleichspannung von 12 - 24VDC. Das verwendete Netzteil muss zum Betrieb von Geräten der Schutzklasse III (SELV) zugelassen sein.

8.1.1 Einschränkungen im 12V-Betrieb

Wird die Heizung mit 12VDC betrieben, muss mit Funktionseinschränkungen im Winterbetrieb gerechnet werden.

Hinweis: Um die volle Heizleistung zu gewährleisten wird eine Versorgungsspannung von 24VDC empfohlen.

8.2 RS485-Schnittstelle

Das Gerät verfügt über eine galvanisch getrennte halbduplexe 2-Draht-RS485-Schnittstelle für die Konfiguration, Messwertabfrage und das Firmwareupdate.

Technische Details siehe Seite 41.

8.3 Anschluss an ISOCON-UMB (8160.UISO)

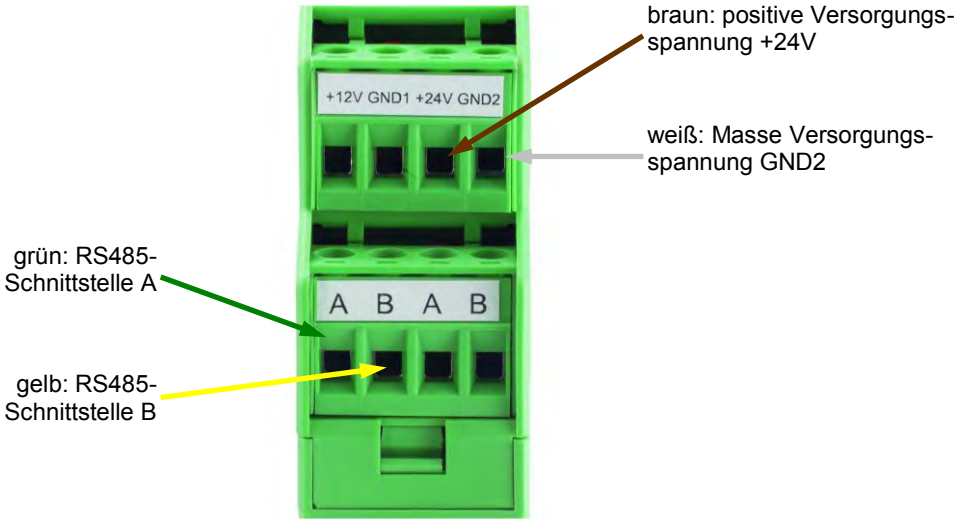


Abb. 7: Anschluss an ISOCON-UMB

Achtung: Die Heizungsspannung (rot = positive Heizungsspannung; blau = Masse Heizungsspannung) wird **nicht** am ISOCON-UMB angeschlossen, sondern direkt an das Netzteil angeschlossen.

Bitte beachten Sie beim Aufbau der Anlage auch die Betriebsanleitung des ISOCON-UMB.

8.4 Verwendung von Überspannungsschutz (8379.USP)

Bei der Verwendung des Überspannungsschutz (Bestell-Nr.: 8379.USP) bitte das Anschlussbeispiel aus der Betriebsanleitung des Überspannungsschutz beachten!

8.5 Anschluss des Blattnässe-Sensors

Die Versionen WS401-UMB und WS601-UMB (Niederschlagsmessung durch Kippwaage) können optional mit einem externen Blattnässe-Sensor ausgerüstet werden.

Der Anschluss des Blattnässe-Sensors befindet sich im Kippwaagen-Modul. Das Anschlusskabel des externen Sensors wird durch die Kabeldurchführung im Kippwaagenmodul geführt und an den dafür vorgesehenen Klemmen angeschlossen (siehe Kap. 18.1).

Klemmenbelegung für den Blattnässe-Sensors WLW100:

1	blank (Schirm)	Masse
2	rot	Signalspannung
3	weiß	Sensor-Betriebsspannung 5V

8.6 Anschluss externer Temperatur- und Niederschlags-Sensoren

Die externen Sensoren werden an den Pins 5 und 6 des Anschlusssteckers, also an die Adern grau und rosa des mitgelieferten Kabels der Kompaktwetterstation, angeschlossen.

Sowohl die Temperatursensoren als auch die externe Kippwaage sind polaritätsunabhängig, die Anschlussreihenfolge ist daher beliebig.

Die Art des angeschlossenen externen Sensors muss mit Hilfe des UMB Config Tools eingestellt werden. Einzelheiten werden im Kapitel 18 beschrieben.

9 Inbetriebnahme

Nach erfolgter Montage und korrektem Anschluss des Gerätes beginnt der Sensor selbständig mit der Messung. Für die Konfiguration und den Test werden ein Windows®-PC mit einer seriellen Schnittstelle, die Software UMB-Config-Tool und ein Schnittstellenkabel (DUB-D 9-polig; Stecker – Buchse; 1:1) benötigt.

Folgende Punkte sind zu beachten:

- Die korrekte Funktion des Gerätes sollte vor Ort durch eine Messwertabfrage mit Hilfe des UMB-Config-Tools überprüft werden (siehe Seite 34).
- Für die Korrekte Berechnung des relativen Luftdrucks muss in der Konfiguration die Ortshöhe eingegeben werden (siehe Seite 30).
- Für die korrekte Windmessung muss das Gerät nach Norden ausgerichtet sein (siehe Seite22) oder die automatische Kompass-Korrektur aktiviert sein (siehe Seite 30).
- Für die korrekte Anzeige der Kompass-Richtung muss die Deklination in der Konfiguration eingegeben werden (siehe Seite17 und 30).
- Werden mehrere Kompaktwetterstationen in einem UMB-Netzwerk betrieben, muss jedem Gerät eine eigene Geräte-ID vergeben werden (siehe Seite 29).

Am Sensor selbst gibt es keinen Transportschutz o.ä. welcher entfernt werden muss.

10 Konfiguration und Test

Für die Konfiguration stellt Lufft eine Windows®-PC-Software (UMB-Config-Tool) zur Verfügung. Mit Hilfe dieser Software kann der Sensor auch getestet und die Firmware aktualisiert werden.

Nicht alle Funktionen, die hier beschrieben werden, sind für alle Derivate verfügbar.

10.1 Werkseinstellung

Im Auslieferungszustand hat die Kompaktwetterstation folgende Einstellung:

Klassen-ID:	7 (nicht veränderbar)
Geräte-ID:	1 (ergibt Adresse 7001h = 28673d)
Baudrate:	19200
RS485-Protokoll:	UMB Binär
Berechnungsintervall:	10 Messwerte
Ortshöhe:	0 m

Hinweis: Werden mehrere Kompaktwetterstationen in einem UMB-Netzwerk betrieben, muss die Geräte-ID geändert werden, da jedes Gerät eine eindeutige ID benötigt. Sinnvoll sind von Eins an aufsteigende IDs.

10.2 Konfiguration mit UMB-Config-Tool

Die Funktionsweise des UMB-Config-Tools ist in der Anleitung der Windows®-PC-Software ausführlich beschrieben. Deshalb werden hier nur die gerätespezifischen Menüs und Funktionen der Kompaktwetterstation beschrieben.

10.2.1 Sensorauswahl

Die Kompaktwetterstation wird in der Sensorauswahl als WSx-UMB (Klassen-ID 7) dargestellt.

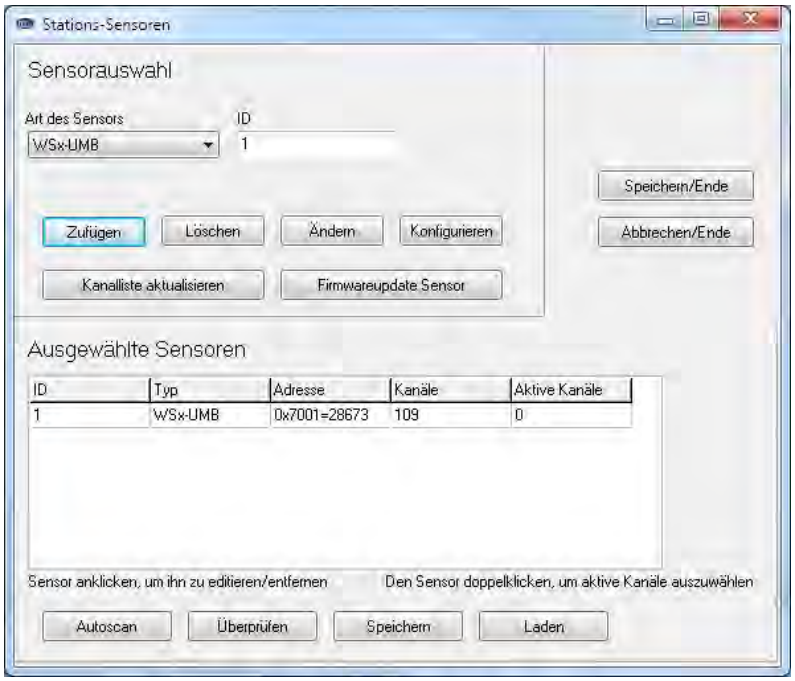


Abb. 8: Sensorauswahl

Hinweis: Für die Konfiguration der Kompaktwetterstation benötigen Sie die aktuelle Version des UMB Config Tools.

Hinweis: Während der Konfiguration müssen alle anderen abfragenden Geräte wie z.B. Modems / LCOM vom UMB-Netz getrennt werden!

10.2.2 Konfiguration

Nach dem Laden einer Konfiguration können alle relevanten Einstellungen und Werte angepasst werden. Je nach Typ des Gerätes sind nur die Einstellungen für die jeweils vorhandenen Sensoren relevant.

10.2.3 Allgemeine Einstellungen

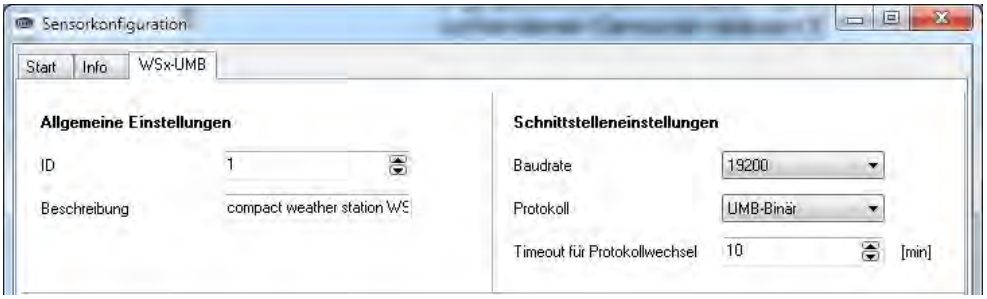


Abb. 9: Allgemeine Einstellungen

ID: Geräte-ID (Werkseinstellung 1; weitere Geräte aufsteigende ID vergeben)

Beschreibung: Zur Unterscheidung der Geräte kann hier eine Beschreibung, wie z.B. der Standort, eingegeben werden.

Baudrate: Übertragungsgeschwindigkeit der RS485-Schnittstelle (Werkseinstellung 19200; **für Betrieb mit ISOCON-UMB NICHT ändern!**).

Protokoll: Kommunikationsprotokoll des Sensors (UMB-Binär, UMB-ASCII, Terminal-Mode, SDI-12, Modbus-RTU, Modbus-ASCII)

Timeout: Bei zeitweiliger Umschaltung des Kommunikationsprotokolls, wird nach dieser Zeit (in Minuten) wieder in das konfigurierte Protokoll umgeschaltet

Wichtiger Hinweis: wird die Baudrate geändert, kommuniziert der Sensor nach dem Speichern der Konfiguration auf dem Sensor mit der neuen Baudrate. Bei dem Betrieb des Sensors in einem UMB-Netzwerk mit ISOCON-UMB **darf diese Baudrate nicht geändert werden**; andernfalls ist der Sensor **nicht mehr ansprechbar** und kann nicht mehr konfiguriert werden!

10.2.4 Einstellungen Temperatur, Feuchte und Lüfter

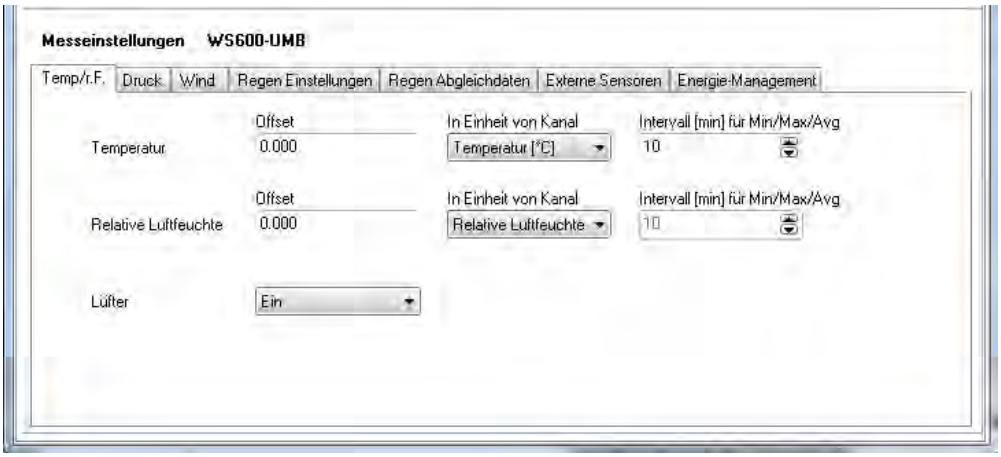


Abb. 10: Einstellungen Temperatur, Feuchte und Lüfter

Offset: Absoluter Offset (für Vor-Ort-Abgleich) auf den Messwert in der Einheit des nebenstehenden Kanals.

Intervall: Zeit in Minuten für das Berechnungsintervall der Minimal-, Maximal- und Mittelwertberechnung.

Lüfter: um den Stromverbrauch zu reduzieren, kann der Lüfter abgeschaltet werden. **Hinweis: wenn der Lüfter abgeschaltet wird, werden auch die Heizungen abgeschaltet! Bei abgeschaltetem Lüfter kann es bei Sonneneinstrahlung zu Abweichungen bei der Temperatur- und Feuchtemessung kommen.**

Hinweis: Die Temperatur- und Feuchtemessung benötigt für die Berechnung von Taupunkt, absolute Feuchte und Mischungsverhältnis immer denselben Intervall. Deshalb können keine unterschiedlichen Intervalle eingestellt werden.

10.2.5 Einstellungen Druck

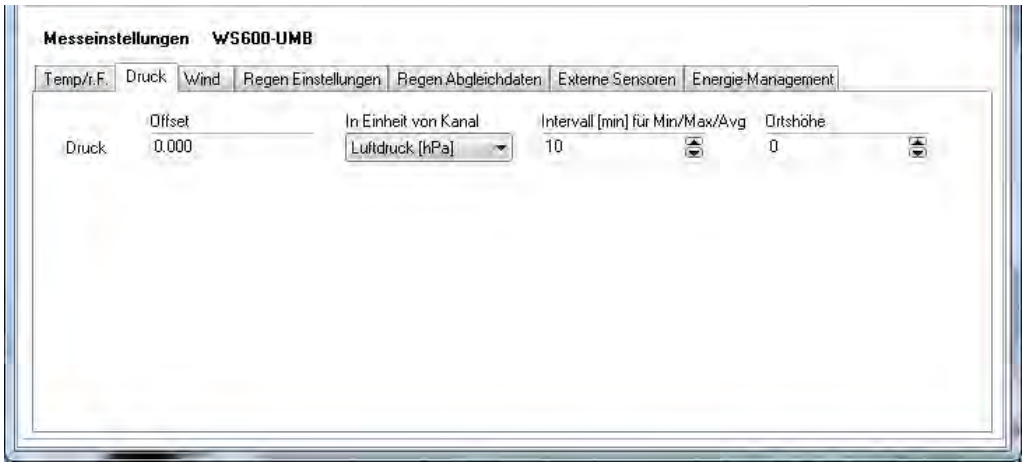


Abb. 11: Einstellungen Druck

Offset: Absoluter Offset (für Vor-Ort-Abgleich) auf den Messwert in der Einheit des nebenstehenden Kanals.

Intervall: Zeit in Minuten für den Berechnungsintervall der Minimal-, Maximal- und Mittelwertberechnung.

Ortshöhe: Für die korrekte Berechnung des relativen Luftdrucks (bezogen auf Meereshöhe NN) muss hier die Ortshöhe in Meter eingetragen werden.

10.2.6 Wind und Kompass

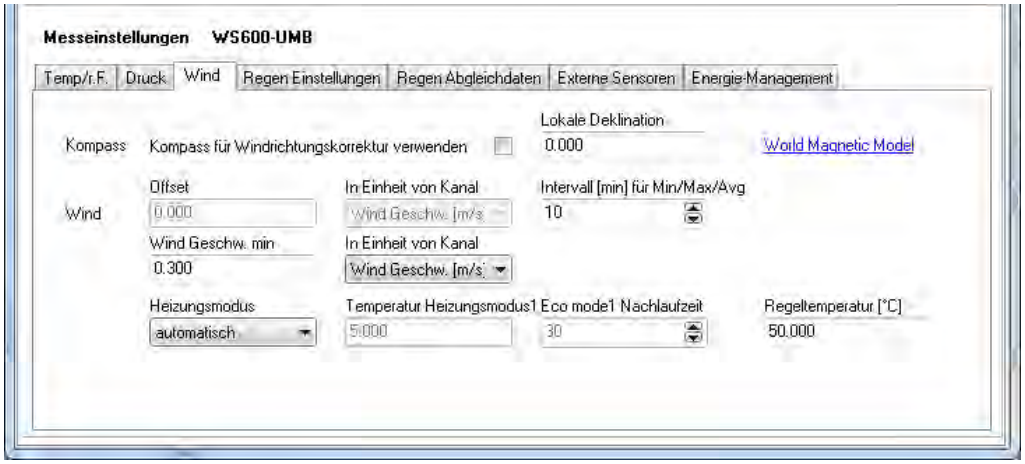


Abb. 12: Einstellungen Wind

Offset: Absoluter Offset (für Vor-Ort-Abgleich) auf den Messwert in der Einheit des nebenstehenden Kanals.

Intervall: Zeit in Minuten für das Berechnungsintervall der Minimal-, Maximal- und Mittelwertberechnung.

WindGeschw. min: Anlaufgeschwindigkeit des Windmessers in der Einheit des nebenstehenden Kanals, ab der ein Messwert ausgegeben wird.

Heizungsmodus: Das Gerät kann in unterschiedlichen Betriebsarten der Heizung konfiguriert werden. Für den Normalbetrieb muss hier ‚automatisch' konfiguriert sein. Eine genaue Beschreibung der Funktionsweisen finden Sie auf Seite 35.

Lokale Deklination: Abhängig vom Aufstellungsort ist die Deklination (Orts-Missweisung), d.h. die lokale Abweichung des magnetischen vom geografischen Norden zu beachten

Kompass für Windrichtungskorrektur verwenden
Mit aktivierter Kompass-Korrektur werden alle Windrichtungsmesswerte entsprechend der vom Kompass ermittelten Ausrichtung des Sensors korrigiert.

Hinweis: Der Offset des Windmessers wird derzeit nicht verwendet, da hier ein Vor-Ort-Abgleich nicht möglich ist.

10.2.7 Einstellung Regenmesser (Radar)

Abb. 13: Einstellung Regenmesser (Radar)

Heizungsmodus: Das Gerät kann in unterschiedlichen Betriebsarten der Heizung konfiguriert werden. Für den Normalbetrieb muss hier ‚automatisch' konfiguriert sein. Eine genaue Beschreibung der Funktionsweisen finden Sie auf Seite 35.

Nachlaufzeit für Niederschlagsart: für diese Zeit (in Sekunden) wird die erkannte Niederschlagsart ausgegeben; um alle Ereignisse zu erfassen, muss diese Zeit der Abfragerate angepasst werden.

Hinweis: Alle anderen Parameter, besonders im Reiter ‚Regen Abgleichdaten', dürfen nur mit Rücksprache des Herstellers geändert werden, da sie massiven Einfluss auf die Funktion und Genauigkeit des Sensors haben!

10.2.8 Einstellung Regenmesser (Kippwaage)

Das Kippwaagen-Modul kann in den Auflösungsstufen 0,2mm und 0,5mm betrieben werden. Die Einstellung der Auflösung erfolgt in zwei Schritten:

- Mechanische Einstellung
- Konfigurationseinstellung

Die mechanische Einstellung erfolgt durch Veränderung des wirksamen Querschnittes. Dafür wird der Sensor mit einem Reduzierring ausgeliefert, der auf den Trichter aufgesetzt werden kann.

Trichter mit Reduzierring	Auflösung 0,5mm
Trichter ohne Reduzierring	Auflösung 0,2mm

Anschließend wird mittels UMB Config Tool diese Auflösung auch in der Sensorkonfiguration eingestellt.

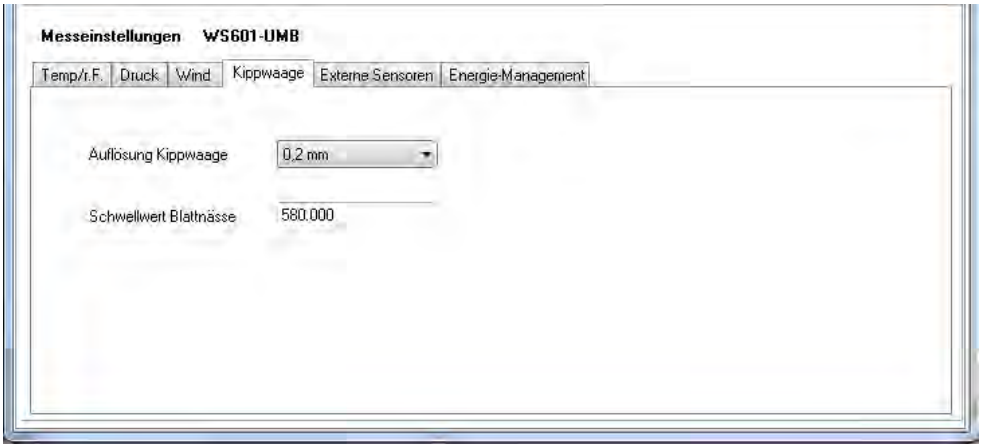


Abb. 14: Einstellung Regenmesser (Kippwaage)

Achtung: Wenn mechanische und Konfigurations-Einstellung nicht übereinstimmen, liefert der Sensor falsche Niederschlagswerte!

10.2.9 Energie-Management

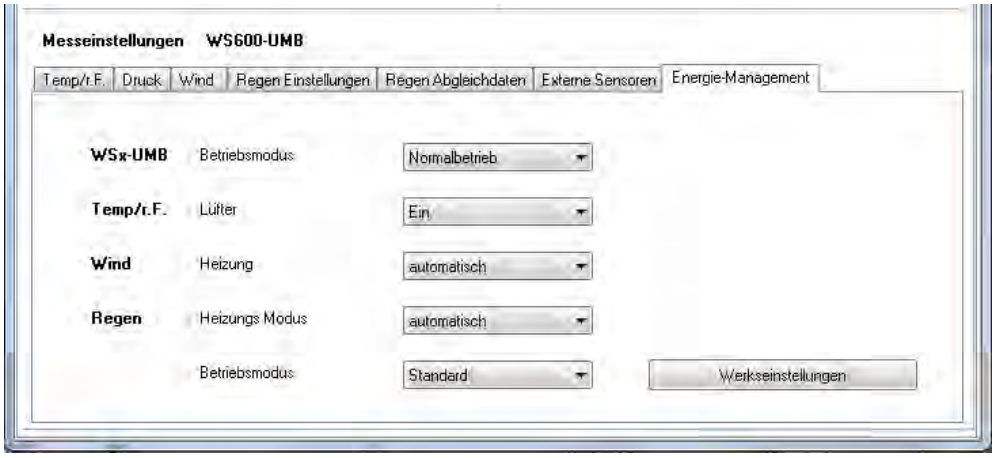


Abb. 15: Einstellung Energie-Management

Über die Einstellung des Betriebs- und Heizungsmodus kann der Energieverbrauch der Wetterstation an die Gegebenheiten der jeweiligen Installation angepasst werden.

In den folgenden Kapiteln werden die Unterschiedlichen Einstellungen beschrieben:

- Betriebsarten der Kompaktwetterstation ab Seite 35
- Betriebsarten der Geräteheizung ab Seite 37

10.2.10 Niederschlagsmenge zurücksetzen

Um die aufsummierte absolute Niederschlagsmenge zurückzusetzen bietet das UMB-Config-Tool folgende Funktion:

Extras →WSx-UMB Regensummen zurücksetzen

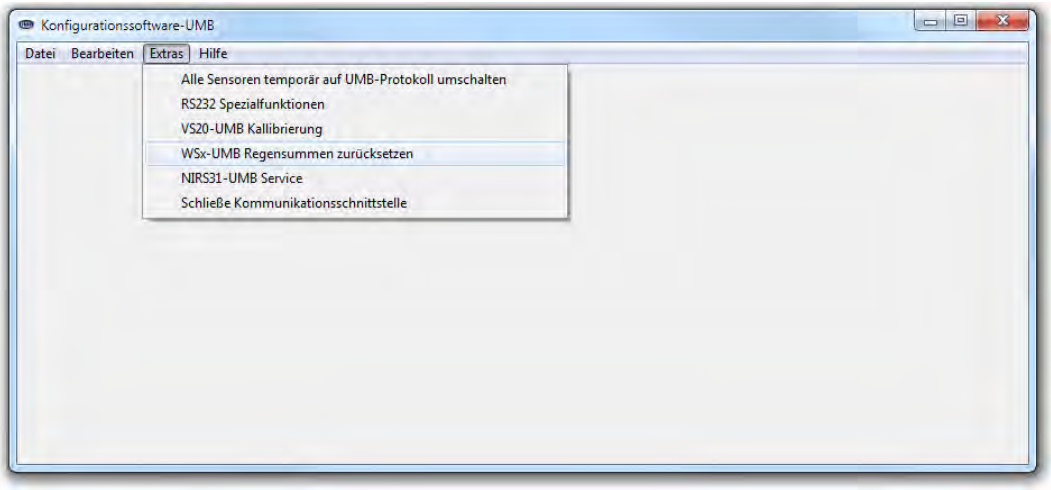
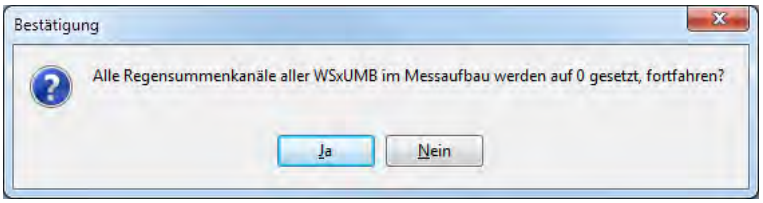


Abb. 16: Niederschlagsmenge zurücksetzen

Bestätigen Sie das Zurücksetzen mit ‚Ja'



Hinweis: Es werden die Niederschlagsmengen von ALLEN Kompaktwetterstationen in dem jeweiligen UMB-Netzwerk zurückgesetzt! Auf diese Funktion folgt ein Geräteneustart.

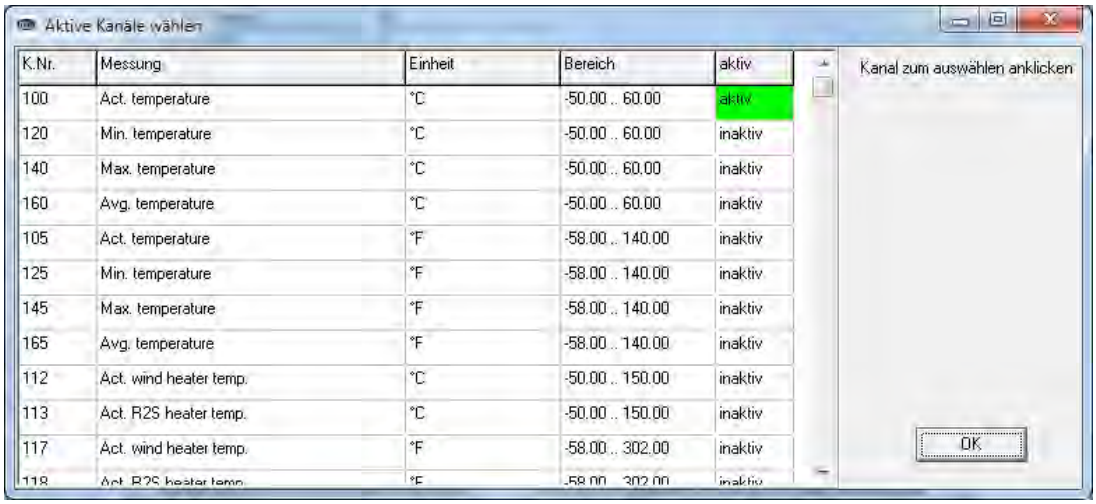
10.3 Funktionstestmit UMB-Config-Tool

Mit dem UMB-Config-Tool lässt sich die Funktion der Kompaktwetterstation durch Abfrage diverser Kanäle überprüfen.

Hinweis: Während des Funktionstests müssen alle anderen abfragenden Geräte, wie z.B. Modems / LCOM, vom UMB-Netz getrennt werden!

10.3.1 Kanäle für die Messwertabfrage

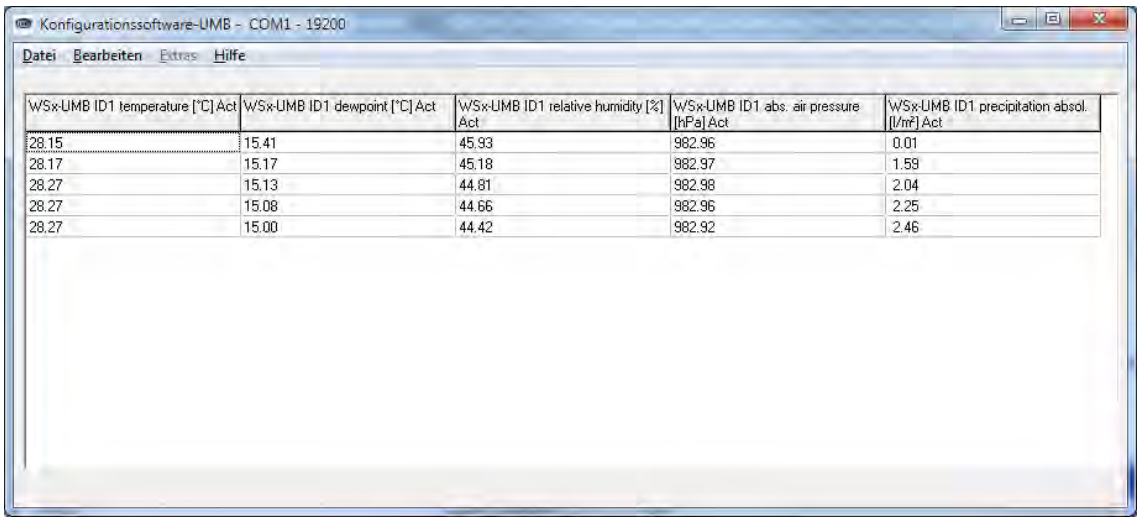
Durch Anklicken des jeweiligen Kanals kann dieser für die Messwertabfrage des UMB-Config-Tools ausgewählt werden.



K.Nr.	Messung	Einheit	Bereich	aktiv
100	Act. temperature	°C	-50.00 .. 60.00	aktiv
120	Min. temperature	°C	-50.00 .. 60.00	inaktiv
140	Max. temperature	°C	-50.00 .. 60.00	inaktiv
160	Avg. temperature	°C	-50.00 .. 60.00	inaktiv
105	Act. temperature	°F	-58.00 .. 140.00	inaktiv
125	Min. temperature	°F	-58.00 .. 140.00	inaktiv
145	Max. temperature	°F	-58.00 .. 140.00	inaktiv
165	Avg. temperature	°F	-58.00 .. 140.00	inaktiv
112	Act. wind heater temp.	°C	-50.00 .. 150.00	inaktiv
113	Act. R2S heater temp.	°C	-50.00 .. 150.00	inaktiv
117	Act. wind heater temp.	°F	-58.00 .. 302.00	inaktiv
118	Act. R2S heater temp.	°F	-58.00 .. 302.00	inaktiv

Abb. 17: Kanäle Messwertabfrage

10.3.2 Beispiel einer Messwertabfrage



WSx-UMB ID1 temperature [°C] Act	WSx-UMB ID1 dewpoint [°C] Act	WSx-UMB ID1 relative humidity [%] Act	WSx-UMB ID1 abs. air pressure [hPa] Act	WSx-UMB ID1 precipitation absol. [l/m²] Act
28.15	15.41	45.93	982.96	0.01
28.17	15.17	45.18	982.97	1.59
28.27	15.13	44.81	982.98	2.04
28.27	15.08	44.66	982.96	2.25
28.27	15.00	44.42	982.92	2.46

Abb. 18: Beispiel Messwertabfrage

Hinweis: Das UMB Config Tool ist nur für Test- und Konfigurationszwecke vorgesehen. Für einen Dauerbetrieb zur Messwerterfassung ist es nicht geeignet. Hier empfiehlt sich der Einsatz professioneller Softwarelösungen, wie z.B. Lufft SmartView3.

10.4 Betriebsarten der Kompaktwetterstation

Über die Einstellung der Betriebsart kann der Energieverbrauch der Wetterstation an die Gegebenheiten der jeweiligen Installation angepasst werden.

Der Betrieb in den Energiespar-Betriebsarten unterliegt allerdings bestimmten Einschränkungen, die bei der Konzeption der Installation beachtet werden müssen.

Im Normalbetrieb, in dem allen spezifizierten Eigenschaften der Kompaktwetterstation in vollem Umfang zur Verfügung stehen, wird der Stromverbrauch des Gerätes überwiegend durch den Betrieb von Heizung und Lüfter bestimmt.

10.4.1 Energiesparmodus 1

Der Energiesparmodus 1 wird durch folgende Maßnahmen bestimmt:

- Die Belüftung der Temperatur- / Feuchteeinheit wird abgeschaltet
- Alle Heizungen werden abgeschaltet
- Der Radar-Regensensor (WS600-UMB, WS400-UMB) wird nicht dauerhaft betrieben; pro Minute wird der Sensor nur für eine Sekunde aktiviert; wird dann Niederschlag erkannt, bleibt er bis zum Ende des Ereignisses eingeschaltet; ansonsten wird er nach der einen Sekunde wieder deaktiviert.

Hinweis: Diese Betriebsart hat folgende Einschränkungen:

- Bei abgeschaltetem Lüfter kann es bei Sonneneinstrahlung zu Abweichungen bei der Temperatur- und Feuchtemessung kommen.
- In dieser Betriebsart ist nur ein eingeschränkter Winterbetrieb möglich, da eine eventuelle Vereisung die ordnungsgemäße Funktion des Regensensor bzw. des Windmessers verhindern kann.
- Die Regenerkennung kann bis zu 2 Minuten verzögert sein. Kurze Ereignisse werden unter Umständen nicht erkannt. Dadurch sind auch Abweichungen in der Genauigkeit der Niederschlagsmenge möglich.

Gegenüber dem Normalbetrieb wird der Energieverbrauch einer WS600-UMB selbst ohne Berücksichtigung der Heizung auf ca. 10% reduziert (für die Dauer eines Niederschlagsereignisses ist der Verbrauch durch den dann permanent eingeschalteten Regensensor höher, ca. 20% des Normalbetriebs).

10.4.2 Energiesparmodus 2

Der Energiesparmodus 2 erlaubt eine weitere erhebliche Reduktion des Energieverbrauchs, die aber auch weitergehende Einschränkungen mit sich bringt.

In dieser Betriebsart wird die Station weitestgehend ausgeschaltet und nur durch einen Datenabruf für jeweils einen Messzyklus aufgeweckt. Für Messzyklus und Datenabruf bleibt die Station ca. 10-15 sec eingeschaltet. Der Gesamtverbrauch wird in dieser Betriebsart wesentlich durch die Häufigkeit des Datenabrufs bestimmt.

Hinweis: Diese Betriebsart hat folgende Einschränkungen:

- Alle Einschränkungen des Energiesparmodus 1 gelten auch hier
- Energiesparmodus 2 steht für Modelle mit Radar-Regensensor (WS600-UMB, WS400-UMB) nicht zur Verfügung. Für Niedrigenergie-Anwendungen werden Modelle mit Kippwaage empfohlen.
- Die Berechnung von Mittel-, Minimum- und Maximumwerten sowie der Niederschlagsintensität steht nicht zur Verfügung, es werden nur Momentanwerte übermittelt
- Das Kommunikationsprotokoll Modbus steht nicht zur Verfügung
- Beim Datenabruf mittels UMB Protokoll ist eine bestimmte Abrufsequenz und Timing einzuhalten (s. Kap. 19.3.7). Die Intervall-Länge muss mindestens 15sec betragen, um sicherzustellen, dass der Mess- und Übertragungszyklus abgeschlossen wird. Kürzere Zyklen können dazu führen, dass das Gerät im Datenübertragungs-Zustand bleibt, ohne eine neue Messung einzuleiten.

- Der Betrieb im UMB-Netzwerk mit anderen Sensoren ist möglich, es ist aber zu beachten, dass jedes (auch an andere Stationen adressierte) Telegramm im Netzwerk die Kompaktwetterstation, zumindest für einige Sekunden, aufweckt und entsprechend den Gesamtverbrauch erhöht. Die Mindestintervall-Länge muss auch unter Berücksichtigung der „Fremd-Telegramme“ eingehalten werden. Ein Mischbetrieb von Stationen im Energiesparmodus 2 und schnell abgetasteten Stationen im Normalbetrieb im gleichen UMB-Netz ist nicht möglich

10.5 Betriebsarten der Geräteheizung

Im Auslieferzustand ist die Heizung auf Automatik konfiguriert. Das ist die empfohlene Betriebsart der Heizung des Sensors.

Die folgenden Betriebsarten sind einstellbar:

Heizungsmodus	WS200-UMB	WS400-UMB	WS500-UMB	WS501-UMB *)	WS600-UMB	WS601-UMB
Automatik	●	●	●	●	●	●
Aus	●	●	●	●	●	●
Mode 1		●	●	●	●	●
Eco-Mode 1		●			●	

*) gilt auch für WS502-UMB, WS503-UMB, WS504-UMB

Hinweis: Die WS30x-UMB und WS401-UMB sind nicht beheizt.

Die Einstellungen müssen beim Regensensor und Windmesser in der jeweiligen Konfigurationsmaske vorgenommen werden. Die Beispiele zeigen die Einstellung beim Windmesser.

10.5.1 Automatik

In dieser Betriebsart wird der Sensor konstant auf Regeltemperatur gehalten, um Beeinträchtigungen durch Schnee und Eis generell zu verhindern.

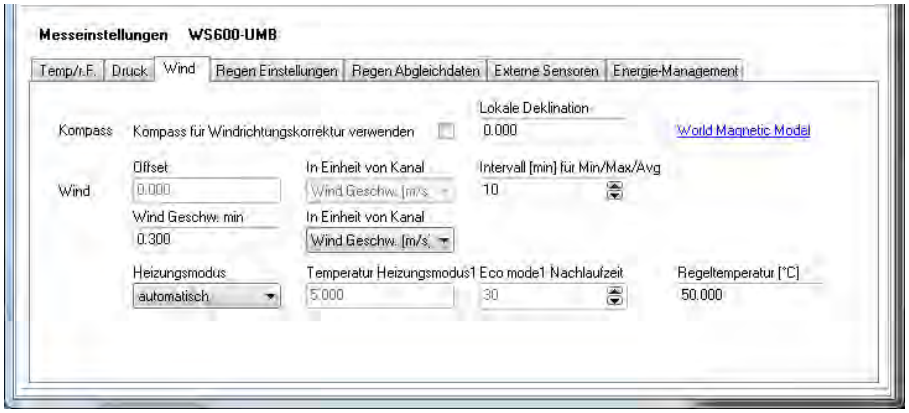


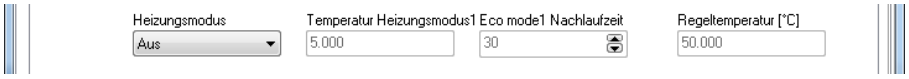
Abb. 19: Betriebsarten der Geräteheizung

Regeltemperatur: auf diese Temperatur (in °C) regelt die Heizung

Die Einstellungen der weiteren Werte sind nicht relevant.

10.5.2 Aus

Bei der Betriebsart ‚Aus' wird die Heizung komplett deaktiviert. In dieser Betriebsart ist kein Winterbetrieb möglich, da eine eventuelle Vereisung die ordnungsgemäße Funktion des Regensensor bzw. des Windmessers verhindern kann.



Die Einstellungen der Werte sind nicht relevant.

10.5.3 Modus 1

In der Betriebsart , Modus 1' wird die Heizung nur dann aktiviert, wenn die Außentemperatur unter die konfigurierte Temperatur Heizungsmodus1 (in °C) sinkt. In diesem Modus kann der Stromverbrauch in frostfreien Situationen reduziert werden, ohne größere Einschränkungen im Winterbetrieb.

Regeltemperatur: auf diese Temperatur (in °C) regelt die Heizung

Temperatur Heizungsmodus1: Schwelltemperatur (in °C) ab der die Heizung aktiviert wird

Die Einstellung der ‚Eco mode1 Nachlaufzeit' ist nicht relevant.

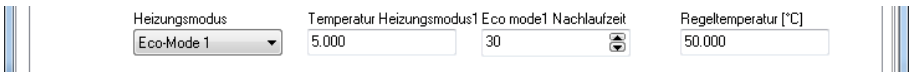
10.5.4 Eco-Mode 1

Der Eco-Mode1 ist ein erweiterter Stromspar-Mode.

Nur in folgenden Fällen wird die Heizung eingeschaltet:

- Die Außentemperatur ist unter der Schwelltemperatur und Niederschlag wurde erkannt. Die Heizung läuft dann für 30 Minuten (nach dem letzten Niederschlagsereignis) bei Regeltemperatur.
- Ist die Außentemperatur konstant unter der Schwelltemperatur und es wurde über 20h nicht geheizt, wird die Heizung vorsorglich für 30 Minuten eingeschaltet um eventuelle Vereisungen abzutauen.

Die vorsorgliche 20h-Heizung erfolgt aber nur wenn über den gesamten Zeitraum eine Außentemperatur unter der Schwelltemperatur gemessen wurde und es mindestens 3 Stunden lang konstant hell war.



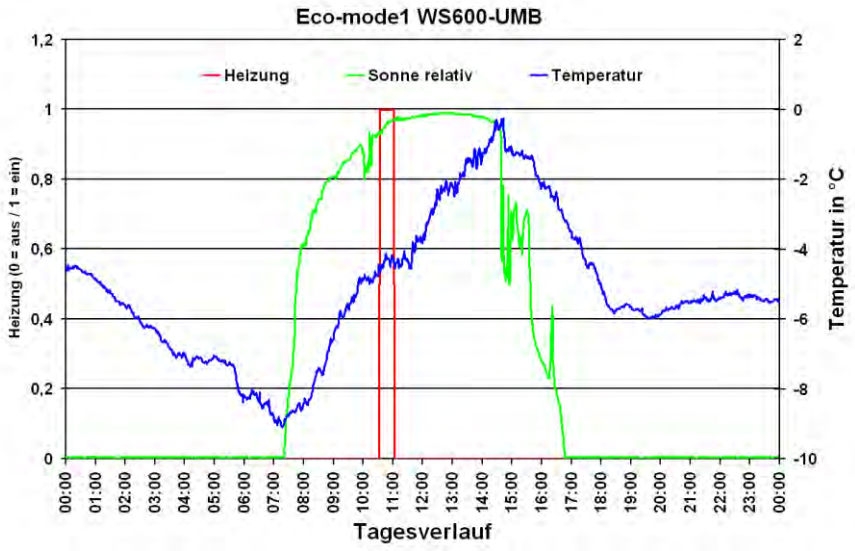
Regeltemperatur: auf diese Temperatur (in °C) regelt die Heizung

Temperatur Heizungsmodus1: Schwelltemperatur (in °C) ab der die Heizung aktiviert wird

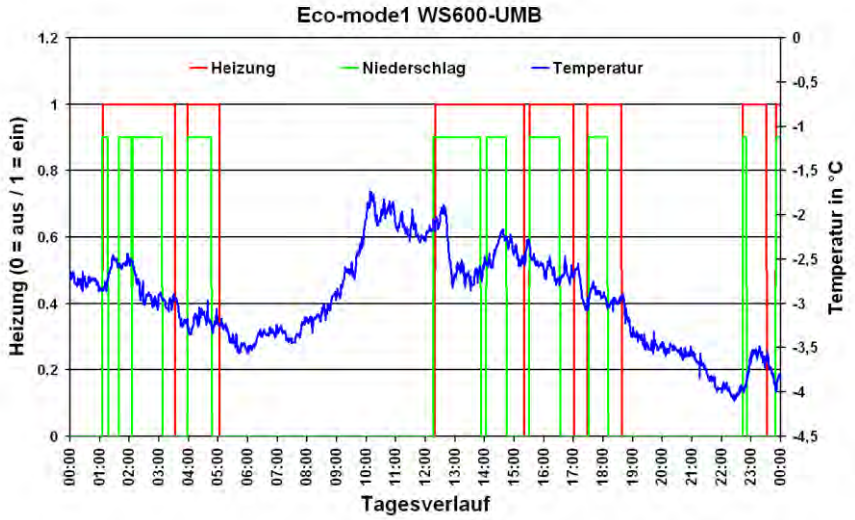
Eco mode1 Nachlaufzeit: Nachlaufzeit (in Minuten)

Beispiele:

Außentemperatur konstant unter 5°C; kein Niederschlag über 24h



Außentemperatur konstant unter 5°C; mit Niederschlag



11 Firmwareupdate

Um den Sensor auf dem aktuellen Stand der Technik zu halten, besteht die Möglichkeit eines Firmwareupdates vor Ort, ohne den Sensor abzubauen und zum Hersteller senden zu müssen.

Das Firmwareupdate erfolgt mit Hilfe des UMB-Config-Tools.

Die Beschreibung des Firmwareupdates befindet sich in der Anleitung des UMB-Config-Tools. Bitte laden Sie sich unter www.lufft.de die aktuelle Firmware und das UMB-Config-Tools herunter und installieren Sie es auf einem Windows®-PC. Sie finden dann die Anleitung unter

Hinweis: Bei einem Firmwareupdate werden die absoluten Niederschlagsmengen (Kanal 600 – 660) unter Umständen zurückgesetzt.

Für die gesamte Produktfamilie gibt es eine Firmware (WSx_Release_Vxx.mot) die alle Varianten unterstützt.

Wichtiger Hinweis: Lesen Sie bitte das mitgelieferte Textfile in WSx_Release_Vxx.zip; es enthält wichtige Informationen zum Update!

12 Wartung

Das Gerät arbeitet prinzipiell wartungsfrei.

Es wird jedoch empfohlen einmal jährlich einen Funktionstest durchzuführen. Dabei sollten folgende Punkte beachtet werden:

- visuelle Inspektion im Blick auf Verschmutzung des Gerätes
- Überprüfung der Sensoren durch Messwertabfrage
- Überprüfung der Funktion des Lüfters (nicht bei WS200-UMB)

Weiter wird eine jährliche Überprüfung des Abgleichs vom Feuchtefühler beim Hersteller empfohlen (nicht bei WS200-UMB). Ein Ausbau oder Austausch des Feuchtefühlers ist nicht möglich. Zur Überprüfung muss die komplette Kompaktwetterstation an den Hersteller geschickt werden.

Für Geräte mit Globalstrahlungsmessung wird eine regelmäßige Reinigung der Glaskuppel mit Wasser oder Spiritus empfohlen. Das Reinigungsintervall ist an die örtlich anfallende Verschmutzung anzupassen.

Geräte mit Niederschlagserfassung durch Kippwaage (WS401-UMB, WS601-UMB): Der Trichter der Kippwaage ist regelmäßig zu reinigen (siehe unten). Das Reinigungsintervall ist an die örtlich anfallende Verschmutzung anzupassen.

Geräte mit Blattnässe-Sensor: Eine regelmäßige Reinigung des Blattnässe-Sensors mit Wasser wird empfohlen. Das Reinigungsintervall ist an die örtlich anfallende Verschmutzung anzupassen. Im Rahmen der Wartung wird eine Überprüfung und ggfs. Korrektur des Nass-Schwellwertes empfohlen.

12.1 Wartung Kippwaage

Die Funktion der Kippwaage kann durch Verschmutzung des Trichters oder des Kippwaagen-Mechanismus erheblich beeinflusst werden. Daher ist eine regelmäßige Kontrolle und ggfs. Reinigung erforderlich. Das Wartungsintervall hängt stark von den örtlichen Gegebenheiten sowie auch von der Jahreszeit (Blätterfall, Pollenflug) ab und kann daher nicht vorgegeben werden (kann im Bereich von Wochen liegen).

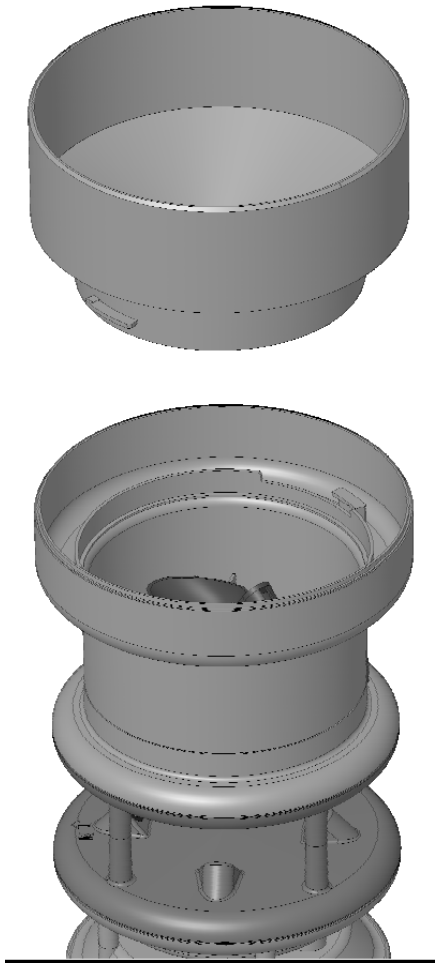


Abb. 20: WS601-UMB mit abgenommenem Trichter

- Nur bei offensichtlicher Verschmutzung reinigen
- Kippmechanismus möglichst nicht bewegen (sonst Fehlzählung)
- Zur Reinigung Wasser, einen weichen Lappen und / oder weichen Pinsel verwenden
- Trichter durch Linksdrehung entriegeln und abheben
- Trichter, insbesondere die Siebschlitze, reinigen
- Inneres des Kippwaagenmoduls auf Verschmutzung, insbesondere auch auf Spinnweben und Insekten kontrollieren und, wenn erforderlich, reinigen
- Kipplöffel auf Verschmutzung kontrollieren, wenn nötig vorsichtig mit klarem Wasser auswischen. Achtung: jede Bewegung des Löffels erzeugt einen Zählimpuls und dadurch ggfs. eine fehlerhafte Regenmenge
- Wasserablauf kontrollieren und ggfs. reinigen
- Trichter aufsetzen und durch Rechtsdrehung verriegeln

13 Technische Daten

Versorgungsspannung: 24VDC +/- 10%
12VDC mit Einschränkungen (siehe Seite 25)

Stromaufnahme Sensor in mA:

Modus[1]	**Standard**		**Energiesparmodus 1**		**Energiesparmodus 2**	
Versorgung	**24VDC**[2]	**12VDC**	**24VDC**	**12VDC**	**24VDC**	**12VDC**
WS200-UMB	16 mA	25 mA	15 mA	24 mA	4 mA	2 mA
WS300-UMB	135 mA	70 mA	7 mA	7 mA	4 mA	2 mA
WS301-UMB WS302-UMB WS303-UMB WS304-UMB	135 mA	70 mA	8 mA	8 mA	4 mA	2 mA
WS400-UMB	160 mA	110 mA	7 mA	7 mA	--	--
WS401-UMB	130 mA	65 mA	6 mA	6 mA	4 mA	2 mA
WS500-UMB	140 mA	80 mA	16 mA	25 mA	4 mA	2 mA
WS501-UMB WS502-UMB WS503-UMB WS504-UMB	145 mA	85 mA	16 mA	25 mA	4 mA	2 mA
WS600-UMB	160 mA	130 mA	16 mA	25 mA	--	--
WS601-UMB	140 mA	85 mA	15 mA	24 mA	4 mA	2 mA

Strom- und Leistungsaufnahme Heizung:

WS200-UMB	833 mA / 20VA bei 24VDC
WS400-UMB	833 mA / 20VA bei 24VDC
WS500-UMB, WS501-UMB, WS502-UMB WS503-UMB, WS504-UMB	833 mA / 20VA bei 24VDC
WS600-UMB	1,7 A / 40VA bei 24VDC
WS601-UMB	833mA / 20VA bei 24VDC

Abmessungen mit Halterung :

WS200-UMB	Ø 150mm, Höhe 194mm
WS300-UMB	Ø 150mm, Höhe 223mm
WS301-UMB	Ø 150mm, Höhe 268mm
WS302-UMB	Ø 150mm, Höhe 253mm
WS303-UMB	Ø 150mm, Höhe 328mm
WS304-UMB	Ø 150mm, Höhe 313mm
WS400-UMB	Ø 150mm, Höhe 279mm
WS401-UMB	Ø 164mm, Höhe 380mm
WS500-UMB	Ø 150mm, Höhe 287mm
WS501-UMB	Ø 150mm, Höhe 332mm
WS502-UMB	Ø 150mm, Höhe 317mm
WS503-UMB	Ø 150mm, Höhe 392mm
WS504-UMB	Ø 150mm, Höhe 377mm
WS600-UMB	Ø 150mm, Höhe 343mm
WS601-UMB	Ø 164mm, Höhe 445mm

Gewicht mit Halterung ohne Anschlusskabel:

WS200-UMB	ca. 0,8 kg
WS300-UMB	ca. 1,0 kg
WS400-UMB, WS301-UMB, WS302-UMB, WS303-UMB, WS304-UMB	ca. 1,3 kg
WS401-UMB	ca. 1,5 kg
WS500-UMB	ca. 1,2 kg
WS600-UMB, WS501-UMB, WS502-UMB, WS503-UMB, WS504-UMB	ca. 1,5 kg
WS601-UMB	ca. 1,7 kg

[1] Beschreibung der Betriebsarten siehe Seite 35

[2] Werkseinstellung; empfohlene Einstellung

Befestigung:	Masthalterung Edelstahl für Ø 60 - 76mm
Schutzklasse:	III (SELV)
Schutzart:	IP66

Lagerbedingungen

zulässige Lagertemperatur:	-50°C ... +70°C
zulässige rel. Feuchte:	0 ... 100% r.F.

Betriebsbedingungen

zulässige Betriebstemperatur:	-50°C ... +60°C
zulässige rel. Feuchte:	0 ... 100% r.F.
zulässige Höhe über NN:	N/A

Schnittstelle RS485, 2-Draht, halbduplex

Datenbits:	8	(im SDI-12 Betrieb: 7)
Stoppbit:	1	
Parität:	keine	(im SDI-12 Betrieb: gerade, Modbus: keine o. gerade)
Tri-State:	2 Bit nach Stoppbitflanke	
Einstellbare Baudraten:	1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200[3], 28800, 57600	

(Im SDI-12 Betrieb wird die Schnittstelle umgeschaltet, um die Anforderungen des Standards zu erfüllen.)

Gehäuse:	Kunststoff (PC)

[3] Werkseinstellung; Baudrate für Betrieb mit ISOCON-UMB und Firmwareupdate

13.1 Messbereich / Genauigkeit

13.1.1 Lufttemperatur

Messverfahren:	NTC
Messbereich:	-50°C ... +60°C
Auflösung:	0,1°C(-20°C...+50°C), sonst 0,2°C
Genauigkeit Sensor:	+/- 0,2°C (-20°C ... +50°C), sonst +/-0,5°C (>-30°C)
Messrate:	1 Minute
Einheiten:	°C; °F

13.1.2 Luftfeuchte

Messverfahren:	kapazitiv
Messbereich:	0 ... 100% r.F.
Auflösung:	0,1% r.F.
Genauigkeit:	+/- 2% r.F.
Messrate:	1 Minute
Einheiten:	%r.F.; g/m³; g/kg

13.1.3 Taupunkttemperatur

Messverfahren:	passiv, berechnet aus Lufttemperatur u. Luftfeuchte
Messbereich:	-50°C ... +60°C
Auflösung:	0,1°C
Genauigkeit:	rechnerisch +/- 0,7°C
Einheiten:	°C; °F

13.1.4 Luftdruck

Messverfahren:	MEMS-Sensor kapazitiv
Messbereich:	300 ... 1200hPa
Auflösung:	0,1hPa
Genauigkeit:	+/- 0,5hPa (0 … +40°C)
Messrate:	1 Minute
Einheit:	hPa

13.1.5 Windgeschwindigkeit

Messverfahren:	Ultraschall
Messbereich:	0 … 75m/s (WS601-UMB: 0 … 30m/s)
Auflösung:	0,1m/s
Genauigkeit:	±0,3 m/s oder ±3% (0 ... 35 m/s) ±5% (>35m/s) RMS
Ansprechschwelle:	0,3 m/s
Messrate:	10 Sekunden / 1 Sekunde mit Einschränkung
Einheiten:	m/s; km/h; mph; kts

13.1.6 Windrichtung

Messverfahren:	Ultraschall
Messbereich:	0 – 359,9°
Auflösung:	0,1°
Genauigkeit:	< 3° (> 1m/s) RMSE
Ansprechschwelle:	0,3 m/s
Messrate:	10 Sekunden / 1 Sekunde mit Einschränkung

13.1.7 Niederschlag

13.1.7.1 WS400-UMB / WS600-UMB

Messverfahren:	Radar-Sensor
Messbereich Tropfengröße:	0,3 mm ... 5,0 mm
Auflösung Niederschlag flüssig:	0,01 mm
Niederschlagstypen:	Regen, Schnee
Reproduzierbarkeit:	typisch > 90%
Ansprechschwelle:	0,01 mm
Messrate:	Ereignisabhängig bei Erreichen der Ansprechschwelle
Niederschlagsintensität:	0 … 200 mm/h; Messrate 1 Minute

13.1.7.2 WS401-UMB / WS601-UMB

Messverfahren:	Kippwaage
Auflösung Niederschlag flüssig:	0,2 mm / 0,5mm (einstellbar durch Reduzierring)
Niederschlagstypen:	Regen
Genauigkeit:	2%
Messrate:	1 Minute

13.1.8 Kompass

Messverfahren:	Integrierter elektronischer Kompass
Messbereich:	0 … 359°
Auflösung:	1,0°
Genauigkeit:	+/- 10°
Messrate:	5 Minuten

13.1.9 Globalstrahlung

Messverfahren	Thermopile Pyranometer
Messbereich	0,0 … 1400,0 W/m²
Auflösung	< 1W/m2
Messrate	1 Minute

13.1.9.1 WS301-UMB / WS501-UMB

Ansprechzeit (95%)	<18s
Stabilitätsabweichung (pro Jahr)	<1%
Nichtlinearität (0 bis 1000 W/m²)	<1%
Richtungsfehler (bei 80° mit 1000 W/m²)	<20 W/m²
Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit	<5% (-10 bis +40°C)
Neigungsfehler (bei 1000 W/m²)	<1%
Spektralbereich (50% Punkte)	300 ... 2800nm

13.1.9.2 WS302-UMB / WS502-UMB

Ansprechzeit (95%)	<1s
Spektralbereich	300 ... 1100nm

13.1.10 BlattnässeWLW100

Messverfahren:	kapazitiv
Messbereich:	0 – 1500mV
Messrate:	1 Minute

13.1.11 Externe Temperatursensoren WT1 / WST1

Messverfahren:	NTC
Messbereich:	-40°C ... +80°C
Auflösung:	0,25°C
Genauigkeit Sensor:	< +/- 1°C (WST1: +/- 0,3°C von -10°C ...+10°C)
Messrate:	1 Minute
Einheiten:	°C; °F

13.1.12 Externe Kippwaage WTB100

Messverfahren:	Kippwaage mit prellfreiem Reed-Kontakt (Öffner)
Auflösung Niederschlag flüssig:	0,2 mm / 0,5mm (einstellbar durch Reduzierring)
Niederschlagstypen:	Regen
Genauigkeit:	2%
Messrate:	1 Minute

Prinzipiell können alle Niederschlagssensoren mit prellfreiem Reed-Kontakt (Öffner oder Schließer) und einer Auflösung 0,1mm, 0,2mm, 0,5mm oder 1,0mm verwendet werden.

13.2 Zeichnungen

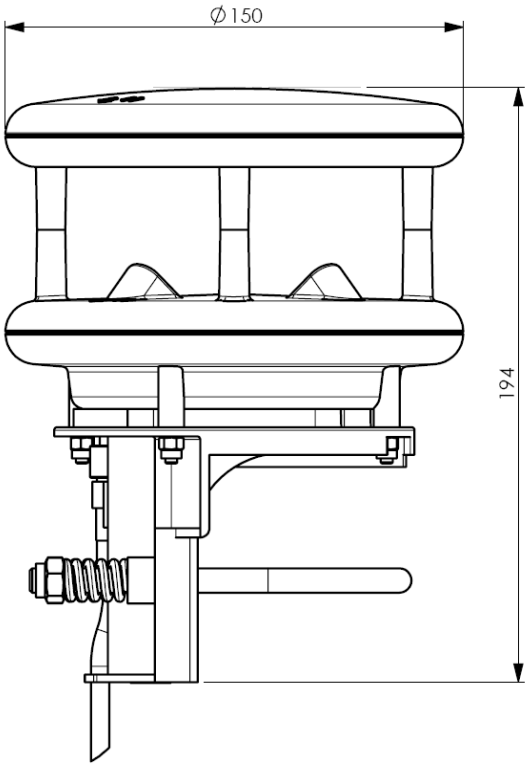


Abb. 21: WS200-UMB

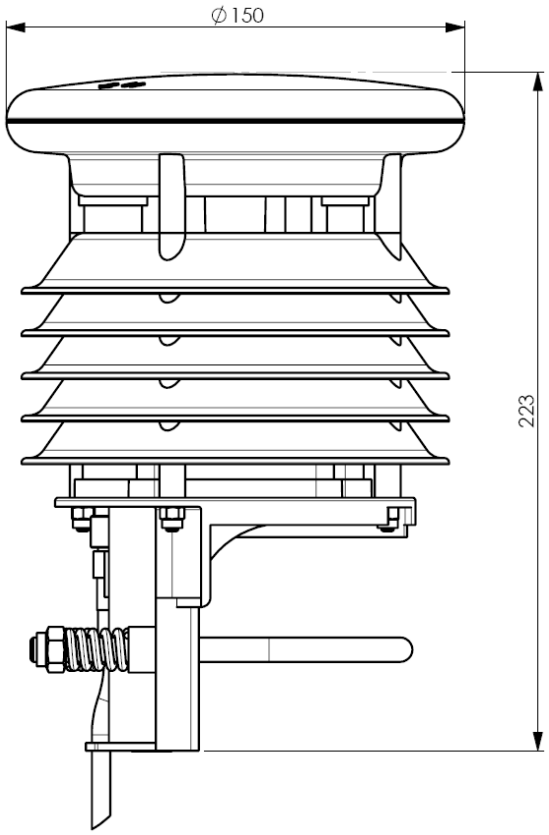


Abb. 22: WS300-UMB

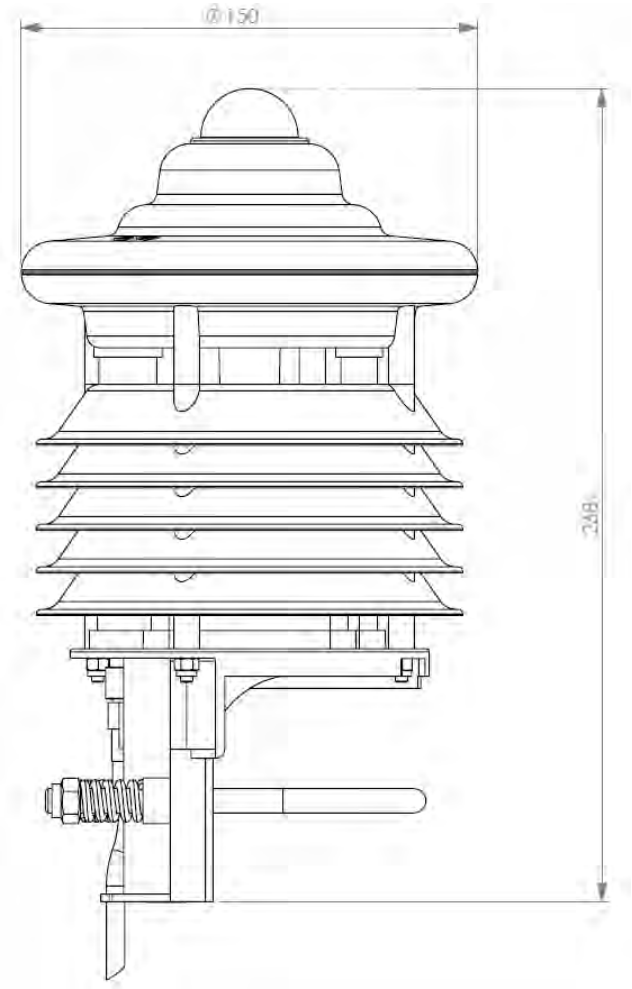


Abb. 23: WS301-UMB

WS302-UMB, WS303-UMB und WS304-UMB sind ähnlich.

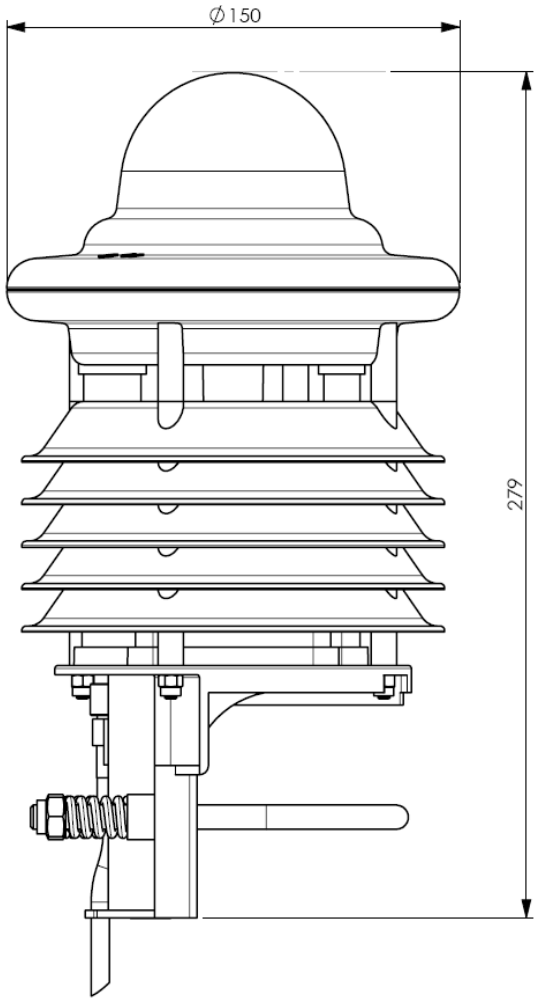


Abb. 24: WS400-UMB

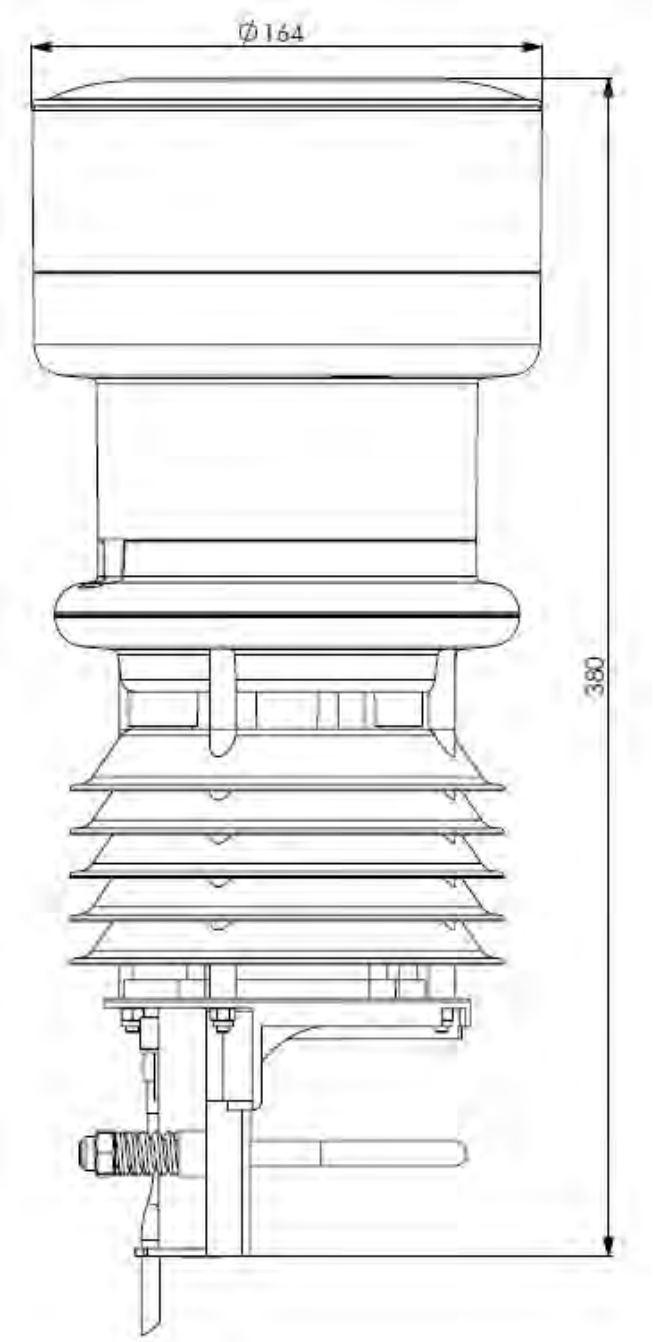


Abb. 25: WS401-UMB

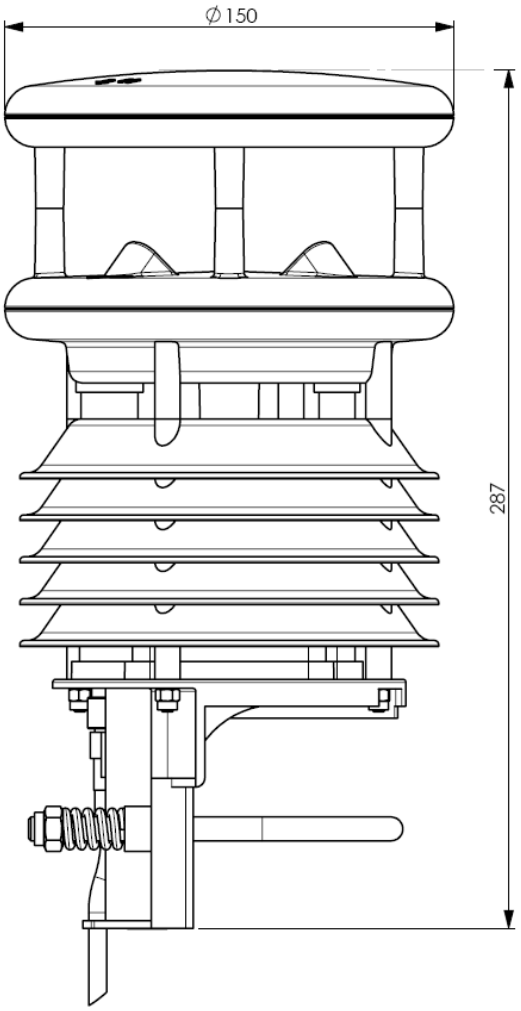


Abb. 26: WS500-UMB

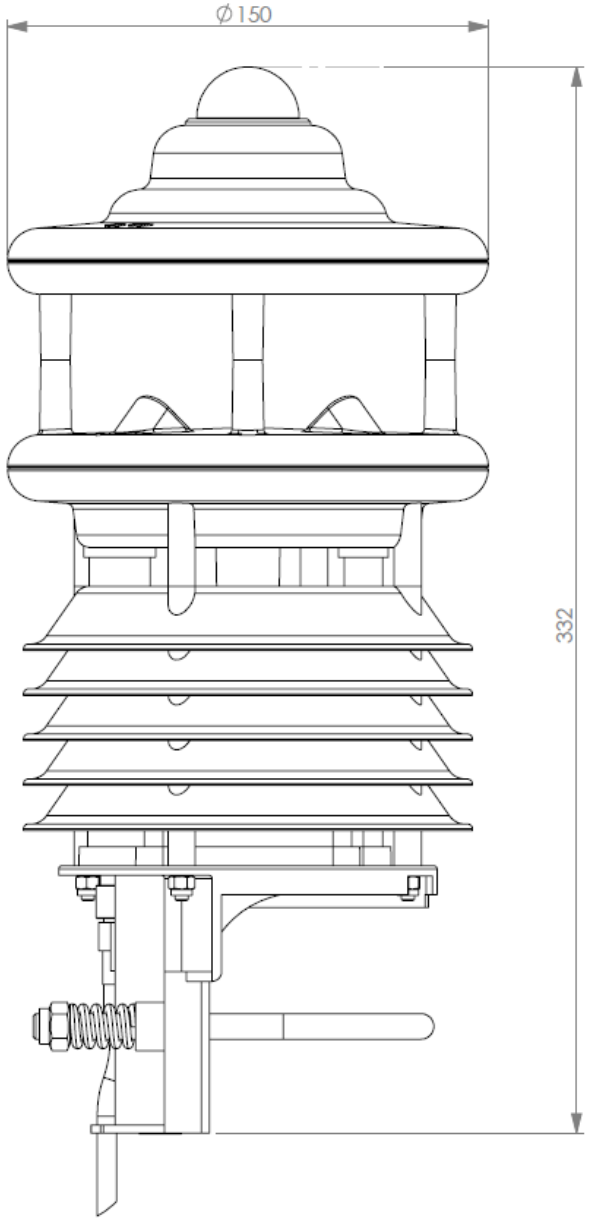


Abb. 27: WS501-UMB

WS502-UMB, WS503-UMB und WS504-UMB sind ähnlich.

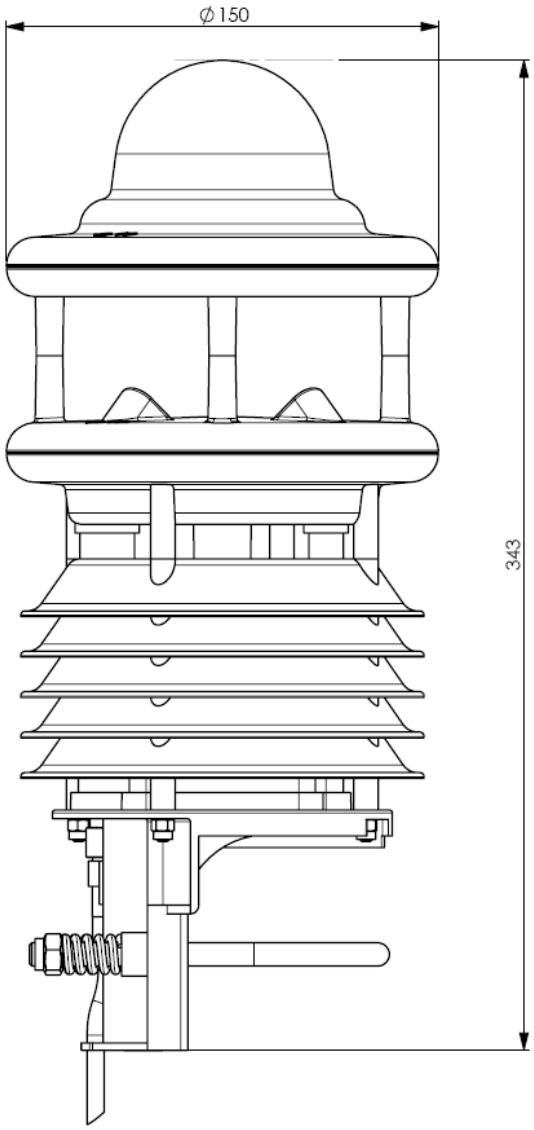


Abb. 28: WS600-UMB

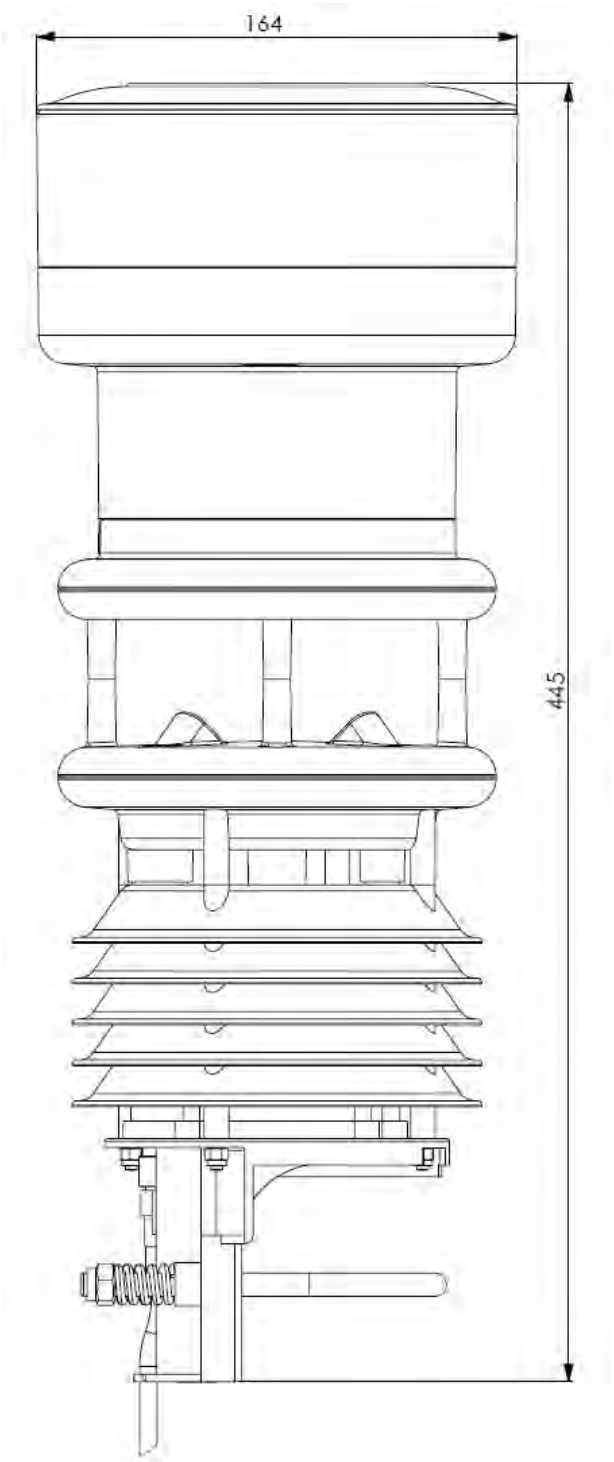


Abb. 29: WS601-UMB

14 EG-Konformitätserklärung

Produkt: **Kompaktwetterstation**

Typ: **WS200-UMB (Bestell-Nr.: 8371.U01)**
WS300-UMB (Bestell-Nr.: 8372.U01)
WS301-UMB (Bestell-Nr.: 8374.U01)
WS302-UMB (Bestell-Nr.: 8374.U10)
WS303-UMB (Bestell-Nr.: 8374.U11)
WS304-UMB (Bestell-Nr.: 8374.U12)
WS400-UMB (Bestell-Nr.: 8369.U01 / 8369.U02)
WS401-UMB (Bestell-Nr.: 8377.U01)
WS500-UMB (Bestell-Nr.: 8373.U01)
WS501-UMB (Bestell-Nr.: 8375.U01)
WS502-UMB (Bestell-Nr.: 8375.U10)
WS503-UMB (Bestell-Nr.: 8375.U11)
WS504-UMB (Bestell-Nr.: 8375.U12)
WS600-UMB (Bestell-Nr.: 8370.U01 / 8370.U02)
WS601-UMB (Bestell-Nr.: 8376.U01)

Hiermit erklären wir, dass das bezeichnete Gerät auf Grund seiner Konzeption und Bauart den Richtlinien der Europäischen Union, insbesondere der EMV-Richtlinie gemäß 2004/108/EG und der RoHS-Richtlinie 2011/65/EU entspricht.

Im Einzelnen erfüllt das oben aufgeführte Gerät folgende EMV-Normen:

EN 61000-6-2:2005 Teil 6-2: Fachgrundnormen Störfestigkeit für Industriebereiche

EN 61000-4-2 (2009)	ESD
EN 61000-4-3 (2011)	HF-Feld
EN 61000-4-4 (2010)	Burst
EN 61000-4-5 (2007)	Surge
EN 61000-4-6 (2009)	leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder
EN 61000-4-8 (2010)	Magnetfelder Netzfrequenzen
EN 61000-4-16 (2010)	asymmetrische Störgrößen
EN 61000-4-29 (2001)	Spannungseinbrüche

EN 61000-6-3:2007 Teil 6-4: Fachgrundnorm Störaussendung für Industriebereiche

EN 55011:2009 + A1:2010 (2011)	Leitungsgeführte Störungen
IEC / CISPR 11:2009 und ihre Änderung 1:2010	Klasse B
prEN 50147-3:2000	Störaussendung

Fellbach, 02.03.2012 Axel Schmitz-Hübsch

15 Fehlerbeschreibung

Fehlerbeschreibung	Ursache - Behebung
Das Gerät lässt sich nicht abfragen bzw. antwortet nicht	- Versorgungsspannung prüfen - Schnittstellen-Verbindung prüfen - falsche Geräte-ID → ID prüfen; die Geräte werden mit ID 1 ausgeliefert.
Das Gerät misst Niederschlag, obwohl es nicht regnet	Prüfen, ob die Montagehinweise bei der Aufstellung des Sensors beachtet wurden
Die gemessene Temperatur scheint zu hoch bzw. die Feuchte zu nieder	Lüfter auf der Geräteunterseite auf Funktion prüfen
Die Windrichtung gibt falsche Werte aus	Gerät ist nicht korrekt ausgerichtet → Ausrichtung des Gerätes nach Norden prüfen.
Gerät gibt Fehlerwert 24h (36d) aus	Es wird ein Kanal abgefragt, welcher bei diesem Gerätetyp nicht zur Verfügung steht; z.B. bei einer WS200-UMB wird Kanal 200 = Feuchte abgefragt
Gerät gibt Fehlerwert 28h (40d) aus	Das Gerät befindet sich nach dem Start in der Initialisierungsphase → nach ca. 10 Sekunden liefert das Gerät Messwerte
Gerät gibt Fehlerwert 50h (80d) aus	Das Gerät wird oberhalb des spezifizierten Messbereiches betrieben
Gerät gibt Fehlerwert 51h (81d) aus	Das Gerät wird unterhalb des spezifizierten Messbereiches betrieben
Gerät gibt bei der Windmessung Fehlerwert 55h (85d) aus	Das Gerät kann auf Grund der Umgebungs-bedingungen keine gültige Messung durchführen. Das kann folgende Ursachen haben: - Das Gerät wird weit oberhalb des spezifizierten Messbereiches betrieben - Sehr starker horizontaler Regen oder Schneefall - Die Sensoren des Windmessers sind stark verschmutzt → Sensor reinigen - Die Sensoren des Windmessers sind vereist → Heizungs-Modus in der Konfiguration kontrollieren und Funktion / Anschluss der Heizung überprüfen - Es befinden sich Fremdkörper innerhalb der Messstrecke des Windmessers - Ein Sensor des Windmessers ist defekt → Gerät zum Hersteller zur Reparatur einsenden
Die Güte der Windmessung ist nicht immer 100%	Im normalen Betrieb sollte das Gerät immer 90 – 100% ausgeben. Werte bis 50% stellen kein generelles Problem dar. Während der Fehlerwert 55h (85d) ausgegeben wird, beträgt dieser Wert 0%. Gibt das Gerät dauerhaft Werte unter 50% aus, kann es sich um einen Gerätedefekt handeln.
Gerät gibt einen hier nicht aufgeführten Fehlerwert aus	Dieses Verhalten kann verschiedene Ursachen haben → Technischer Support des Herstellers kontaktieren

16 Entsorgung

16.1 Innerhalb der EU

Das Gerät ist gemäß der Europäischen Richtlinien 2002/96/EG und 2003/108/EG (Elektro- und Elektronik-Altgeräte) zu entsorgen. Altgeräte dürfen nicht in den Hausmüll gelangen! Für ein umweltverträgliches Recycling und die Entsorgung Ihres Altgerätes wenden Sie sich an einen zertifizierten Entsorgungsbetrieb für Elektronikschrott.

16.2 Außerhalb der EU

Bitte beachten Sie die im jeweiligen Land geltenden Vorschriften zur sachgerechten Entsorgung von Elektronik-Altgeräten.

17 Reparatur / Instandsetzung

Lassen Sie ein defektes Gerät ausschließlich vom Hersteller überprüfen und gegebenenfalls reparieren. Öffnen Sie das Gerät nicht und versuchen Sie auf keinen Fall eine eigenständige Reparatur.

Für Fälle der Gewährleistung oder Reparatur wenden Sie sich bitte an:

G. Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH

Gutenbergstraße 20
70736 Fellbach

Postfach 4252
70719 Fellbach
Deutschland

Tel: +49 711 51822-0
Hotline: +49 711 51822-52
Fax: +49 711 51822-41

E-Mail: info@lufft.de

oder an Ihren lokalen Vertriebspartner.

17.1 Technischer Support

Für technische Fragen steht Ihnen unsere Hotline unter folgender E-Mail-Adresse zur Verfügung:

hotline@lufft.de

Des Weiteren können Sie häufig gestellte Fragen unter http://www.lufft.de/ (Menüpunkt: SUPPORT / FAQs) nachlesen.

18 Externe Sensoren

18.1 Blattnässe-Sensor

18.1.1 Anschluss des Blattnässe-Sensors WLW100

Der optionale Blattnässe-Sensor wird im Inneren des Kippwaagenmoduls angeschlossen. Das Kabel sollte nicht gekürzt und nur mit den mitgelieferten Kabelschuhen montiert werden, um Anschlusskorrosion zu vermeiden.

- Trichter durch Linksdrehung entriegeln und abheben
- Kabel durchführen (A)
- Kabeladern mit Kabelschuhen anschließen (B)
  Blank 1
  Rot 2
  Weiß 3
- Prüfen, ob die Kippwaage frei beweglich ist; Kabel ggfs. auf die richtige Länge zurückziehen
- Trichter aufsetzen und durch Rechtsdrehung verriegeln

Abb. 30: Anschluss des Blattnässe-Sensors

18.1.2 Blattnässe-Schwellwert einstellen

Der Blattnässe-Sensor gibt, abhängig von dem Grad der Nässe auf dem Fühlerblatt, eine Spannung zwischen ca. 500mV und 1200mV (UMB-Kanal 710) aus. Die Zustandsmeldung nass/trocken (UMB-Kanal 711) wird daraus über einen einstellbaren Schwellwert bestimmt.

Der Schwellwert wird werksseitig auf 580mV voreingestellt, muss aber nach Montage des Sensors kontrolliert und ggfs. nachgestellt werden.

Zu diesem Zweck wird im UMB Config Tool der Kanal 710 zur Messung eingestellt und bei trockenem Sensor über 10min gemessen (siehe Kap. 10.3 Funktionstest mit UMB Config Tool).

Der gemessene Trockenwert sollte über den Messzeitraum konstant sein. Es wird empfohlen, den Schwellwert auf ca. 20mV oberhalb des gemessenen Trockenwerts einzustellen:

Beispiel: gemessener Trockenwert 577mV einzustellender Schwellwert **597mV**

Der ermittelte Schwellwert wird mittels UMB Config Tool eingetragen.

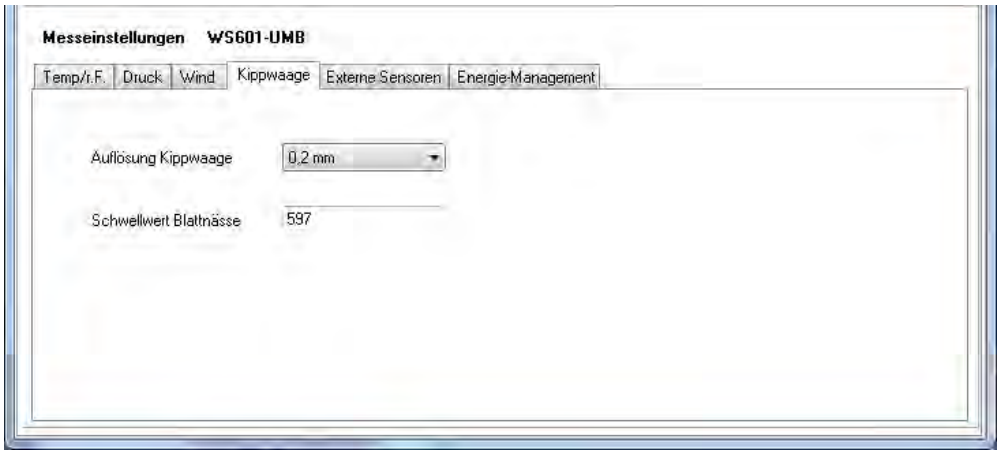


Abb. 31: Einstellung des Blattnässe Schwellwerts

Hinweis: Es wird empfohlen, den Schwellwert im Rahmen der Wartung zu kontrollieren und ggfs. nachzustellen. Für die Trockenmessung sollte der Sensor mit klarem Wasser gereinigt und sorgfältig getrocknet werden.

18.2 Temperatur und Niederschlagssensoren

18.2.1 Anschluss externer Temperatur und Niederschlagssensoren

Mit zusätzlicher externer Sensorik kann besonderen Messanforderungen begegnet werden oder der Funktionsumfang von Kompaktwetterstationen erweitert werden.

Die Zubehörliste umfasst derzeit externe Temperatursensoren und die Niederschlagserfassung mittels Kippwaage.

Für die Erweiterung steht ein Eingang zur Verfügung, es kann daher entweder ein Temperatur- oder ein Niederschlagssensor betrieben werden.

Der Anschluss erfolgt über den Standard-Steckverbinder der Wetterstation, also normalerweise am Ende des mitgelieferten Kabels im Schaltschrank. Da dieses Kabel somit Teil der Messleitung ist, muss bei der Leitungsführung darauf geachtet werden, mögliche Störeinflüsse zu vermeiden. Das Anschlusskabel sollte so kurz wie möglich gehalten und ggfs. gekürzt werden. In besonderen Fällen, wenn der externe Sensor in der Nähe der Kompaktwetterstation montiert wird, der Schaltschrank jedoch weit entfernt ist, sollte die Montage eines zusätzlichen Verteilers in der Nähe der Wetterstation erwogen werden.

Die externe Sensorik wird zweipolig an Pin 5 und 6 des Steckverbinders, das sind die Adern grau und rosa des Standardkabels, angeschlossen.

Alle zur Zeit angebotenen externen Sensoren sind ungepolt, daher spielt die Anschlussreihenfolge keine Rolle.

Um die korrekte Auswertung der Messdaten zu ermöglichen, muss die Wetterstation für den jeweiligen Sensortyp (Temperatur oder Niederschlag) konfiguriert werden. Die Auswahl des Sensortyps wird mit dem UMB Config Tool vorgenommen

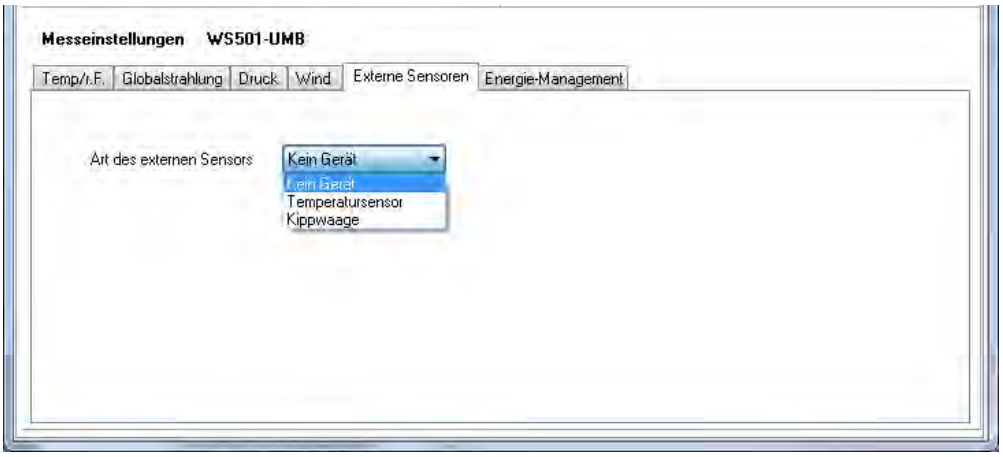


Abb. 32: Einstellung Art des externen Sensors

Wenn die Daten der Kanäle des jeweils nicht ausgewählten Sensortyps abgefragt werden, antwortet die Station mit “ungültiger Kanal“.

18.2.2 Externer Temperatursensor

Ein externer Temperatursensor kann an alle Modelle der WS-Familie angeschlossen werden.

Für verschiedene Einsatzzwecke werden unterschiedliche Bauformen von NTC Fühlern angeboten:

- WT1 für die Temperaturerfassung an Geräten und Oberflächen
- WST1 für den Einbau in die Straßenoberfläche zur Erfassung der Straßenoberflächentemperatur

Die Montage bzw. der Einbau der Temperatursensoren ist im jeweiligen Handbuch beschrieben.

18.2.3 Externe Kippwaage

Eine externe Kippwaage kann an alle Modelle der WS-Familie angeschlossen werden, die keine integrierte Niederschlagserfassung haben. Die Modelle WS400-UMB, WS600-UMB, WS401-UMB, WS601-UMB mit R2S-Sensor bzw. integrierter Kippwaage können **nicht** mit einen externen Kippwaage ausgestattet werden.

Die Messdaten der externen Kippwaage stehen über die gleichen Kanäle wie die Daten der internen Niederschlagssensorik von WS400-UMB, WS600-UMB, WS401-UMB und WS601-UMB zur Verfügung.

Die externe Kippwaage WTB100 benutzt die gleiche Technik wie die integrierte Kippwaage der Modelle WS401-UMB, WS601-UMB.

Die Auflösung des Niederschlagssensors WTB100kann über einen mitgelieferten Reduzierring von 0,2mm auf 0,5mm verringert werden.

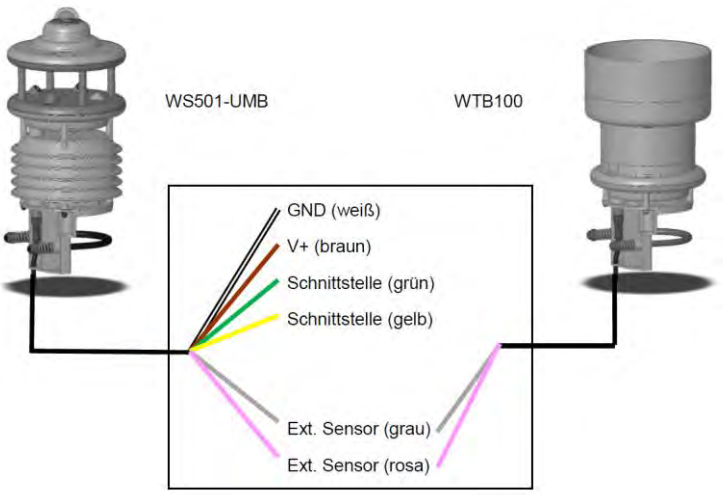
Prinzipiell können alle Niederschlagssensoren mit prellfreiem Reed-Kontakt (Öffner oder Schließer) und einer Auflösung von 0,1mm, 0,2mm, 0,5mm oder 1,0mm verwendet werden.

Hinweis: Um die korrekte Regenmenge zu erhalten, muss diese mechanische Auswahl auch in die Konfiguration der Kompaktwetterstation eingetragen werden.

Die Einstellung wird mit dem UMB Config Tool vorgenommen. Die Vorgehensweise ist die gleiche wie bei WS401-UMB und WS601-UMB (s. Kap. 10.2.8).

Ebenso gelten die gleichen Hinweise zur Montage (Kap. 7.3.4) und zur Wartung (Kap. 12.1)

Beispiel mit WS501-UMB und WTB100 ohne Reduzierring:



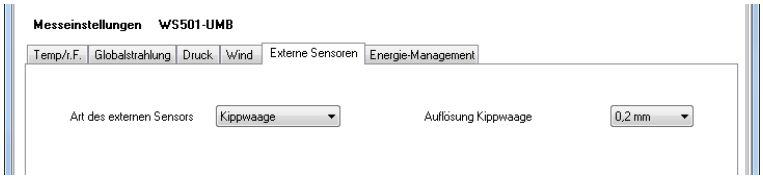


Abb. 33: Beispiel WS501-UMB und WTB100

19 Anhang

19.1 Übersicht Kanalliste

Die Kanalbelegung gilt für die Onlinedatenabfrage im Binär- und ASCII-Protokoll.

UMB-Kanal						Messbereich		
akt	**min**	**max**	**avg**	**spezial**	**Messgröße (float32)**	**min**	**max**	**Einheit**
Temperaturen								
100	120	140	160		temperature	-50,0	60,0	°C
105	125	145	165		temperature	-58,0	140,0	°F
101					external temperature	-40,0	80,0	°C
106					external temperature	-40,0	176,0	°F
110	130	150	170		dewpoint	-50,0	60,0	°C
115	135	155	175		dewpoint	-58,0	140,0	°F
111					wind chilltemperature	-60,0	70,0	°C
116					wind chilltemperature	-76,0	158,0	°F
114					wet bulb temperature	-50,0	60,0	°C
119					wet bulb temperature	-58,0	140,0	°F
112					wind heatertemp.	-50,0	150,0	°C
113					R2S heatertemp.	-50,0	150,0	°C
117					wind heatertemp.	-58,0	302,0	°F
118					R2S heatertemp.	-58,0	302,0	°F
Feuchte								
200	220	240	260		relative humidity	0,0	100,0	%
205	225	245	265		absolute humidity	0,0	1000,0	g/m³
210	230	250	270		mixing ratio	0,0	1000,0	g/kg
Enthalpie								
215					specific enthalpy	-100,0	1000,0	kJ/kg
Druck								
300	320	340	360		abs. air pressure	300	1200	hPa
305	325	345	365		rel. air pressure	300	1200	hPa
Luftdichte								
310					air density	0,0	3,0	kg/m³
Wind								
				vect. Avg				
400	420	440	460	480	wind speed	0	75,0	m/s
405	425	445	465	485	wind speed	0	270,0	km/h
410	430	450	470	490	wind speed	0	167,8	mph
415	435	455	475	495	wind speed	0	145,8	kts
401					wind speed fast	0	75,0	m/s
406					wind speed fast	0	270,0	km/h
411					wind speed fast	0	167,8	mph
416					wind speed fast	0	145,8	kts
403					wind speed standard deviation	0	75,0	m/s
413					wind speed standard deviation	0	167,8	mph
500	520	540		580	wind direction	0	359,9	°
501					wind direction fast	0	359,9	°
502					wind direction corr.	0	359,9	°
503					wind direction standard deviation	0	359,9	
805					wind value quality	0	100,0	%
Kompass								
510					compass heading	0	359	°

Niederschlagsmenge			Messbereich	Einheit
600	float32	Niederschlagsmenge absolut	0 … 100000	Liter/m²
620	float32	Niederschlagsmenge absolut	0 … 100000	mm
640	float32	Niederschlagsmenge absolut	0 … 3937	Inch
660	float32	Niederschlagsmenge absolut	0 … 3937008	mil
605	float32	Niederschlagsmenge differentiell	0 … 100000	Liter/m²
625	float32	Niederschlagsmenge differentiell	0 … 100000	mm
645	float32	Niederschlagsmenge differentiell	0 … 3937	Inch
665	float32	Niederschlagsmenge differentiell	0 … 3937008	mil
Niederschlagsart				
700	uint8	Niederschlagsart	0 = kein Niederschlag 40 = unspezifierter Niederschlag 60 = flüssiger Niederschlag, z.B. Regen 70 = fester Niederschlag, z.B. Schnee	
Niederschlagsintensität			**Messbereich**	**Einheit**
800	float32	Niederschlagsintensität	0 … 200,0	l/m²/h
820	float32	Niederschlagsintensität	0 … 200,0	mm/h
840	float32	Niederschlagsintensität	0 … 7,874	in/h
860	float32	Niederschlagsintensität	0 … 7874	mil/h

akt	min	max	avg	spezial	Messgröße (float32)	min	max	Einheit
Globalstrahlung								
900	920	940	960		Globalstrahlung	0	1400,0	W/m²
Blattnässe								
710	730	750	770		Blattnässe mV	0	1500,0	mV
711					Blattnässe-Zustand	0 = trocken 1 = nass		

Hinweis: Welche Kanäle tatsächlich zur Verfügung stehen ist davon abhängig um welchen WSx-UMB-Typ es sich handelt!

19.2 Übersicht Kanalliste nach TLS2002 FG3

Speziell für die Abfrage von Daten zur Weiterverarbeitung im TLS-Format stehen folgende Kanäle zur Verfügung. Diese Kanäle stehen nur im Binär-Protokoll zur Verfügung.

DE-Typ	UMB-Kanal	Bedeutung	Format	Bereich	Auflösung	Codierung
48	1048	Ergebnismeldung Lufttemperatur LT	16 Bit	-30 ... +60°C	0,1°C	60,0 = 600d = 0258h 0,0 = 0d = 0000h -0,1 = -1d = FFFFh -30,0 = -300d = FED4h
53	1053	Ergebnismeldung Nieder-schlagsintensität NI	16 Bit	0 ... 200 mm/h	0,1 mm/h	0,0 = 0d = 0000h 200,0 = 2000d = 07D0h
54	1054	Ergebnismeldung Luftdruck LD	16 Bit	800...1200 hPa	1 hPa	800 = 800d = 0320h 1200 = 1200d = 04B0h
55	1055	Ergebnismeldung Relative Luftfeuchte RLF	8 Bit	10% ... 100%	1% rF	10% = 10d = 0Ah 100% = 100d = 64h
56	1056	Ergebnismeldung Windrichtung WR	16 Bit	0 ... 359°	1°	0° (N) = 0d = 0000h 90° (O) = 90d = 005Ah 180° (S) = 180d = 00B4h 270° (W) = 270d = 010Eh FFFFh = nicht bestimmbar
57	1057	Ergebnismeldung Windgeschw. (Mittelw.) WGM	16 Bit	0,0 ... 60,0 m/s	0,1 m/s	0,0 = 0d = 0000h 60,0 = 600d = 0258h
64	1064	Ergebnismeldung Windgeschw. (Spitzenw.) WGS	16 Bit	0,0 ... 60,0 m/s	0,1 m/s	0,0 = 0d = 0000h 60,0 = 600d = 0258h
66	1066	Ergebnismeldung Taupunkttemperatur TPT	16 Bit	-30 ... +60°C	0,1°C	60,0 = 600d = 0258h 0,0 = 0d = 0000h -0,1 = -1d = FFFFh -30,0 = -300d = FED4h
71	1071	Ergebnismeldung Niederschlagsart NS	8 Bit			0 = kein Niederschlag 40 = unspezifierter Niederschlag 60 = flüssiger Niederschlag, z.B. Regen 70 = fester Niederschlag, z.B. Schnee

Hinweis: Welche Kanäle tatsächlich zur Verfügung stehen ist davon abhängig um welchen WSx-UMB-Typ es sich handelt!

Die früheren Kanäle 1153 und 1253 werden nicht mehr unterstützt. Stattdessen können die Kanäle 840 und 860 verwendet werden.

19.3 Kommunikation im Binär-Protokoll

In dieser Betriebsanleitung ist lediglich ein Beispiel einer Online-Datenabfrage beschrieben. Alle Kommandos und eine genaue Funktionsweise des Protokolls entnehmen Sie bitte der aktuellen Version des UMB-Protokolls (zum Download unter www.lufft.de).

Hinweis: Die Kommunikation mit dem Sensor erfolgt nach dem Master-Slave-Prinzip, d.h. es darf nur EINE abfragende Einheit in einem Netzwerk sein.

19.3.1 Framing

Der Daten-Frame ist wie folgt aufgebaut:

1	2	3 - 4	5 - 6	7	8	9	10	11 ... (8 + len) optional	9 + len	10 + len 11 + len	12 + len
SOH	<ver>	<to>	<from>	<len>	STX	<cmd>	<verc>	<payload>	ETX	<cs>	EOT

SOH Steuerzeichen für den Start eines Frames (01h) 1 Byte
<ver> Header-Versionsnummer, Bsp.: V 1.0 →<ver> = 10h = 16d; 1 Byte
<to> Empfänger-Adresse, 2 Bytes
<from> Absender-Adresse, 2 Bytes
<len> Anzahl der Datenbytes zwischen STX und ETX; 1 Byte
STX Steuerzeichen für den Start der Nutz-Datenübertragung (02h); 1 Byte
<cmd> Befehl; 1 Byte
<verc> Versionsnummer des Befehls; 1 Byte
<payload> Datenbytes; 0 – 210 Byte
ETX Steuerzeichen für das Ende der Nutz-Datenübertragung (03h); 1 Byte
<cs> Checksumme, 16 Bit CRC; 2 Byte
EOT Steuerzeichen für das Ende des Frames (04h); 1 Byte

Steuerzeichen: SOH (01h), STX (02h), ETX (03h), EOT (04h).

19.3.2 Adressierung mit Klassen- und Geräte-ID

Die Adressierung erfolgt über eine 16-Bit Adresse. Diese gliedert sich in eine Klassen-ID und eine Geräte-ID.

Adresse (2 Bytes = 16 Bit)				
Bit 15 – 12 (obere 4 Bit)		**Bit 11 – 8 (mittlere 4 Bit)**	**Bit 7 – 0 (untere 8 Bit)**	
Klassen-ID (0 bis 15)		**Reserve**	**Geräte-ID** (0 – 255)	
0	Broadcast		0	Broadcast
7	Kompaktwetterstation (WS200-UMB – WS600-UMB)		1 - 255	verfügbar
15	Master bzw. Steuergeräte			

Bei Klassen und Geräten ist jeweils die ID = 0 als Broadcast vorgesehen. So ist es möglich, ein Broadcast auf eine bestimmte Klasse oder an alle Geräte zu senden. Dies ist allerdings nur sinnvoll möglich, wenn sich am Bus nur ein Gerät dieser Klasse befindet oder es sich um ein Kommando, wie z.B. Reset, handelt.

19.3.3 Beispiel für die Bildung von Adressen

Soll z.B. eine WS400-UMB mit der Geräte-ID 001 adressiert werden, geschieht das wie folgt:

Klassen-ID für Kompaktwetterstation ist 7d = 7h

Geräte-ID ist z.B. 001d = 01h

Setzt man die Klassen- und Geräte-ID zusammen ergibt sich eine Adresse 7001h (28673d).

19.3.4 Beispiel einer Binärprotokoll-Abfrage

Soll z.B. eine Kompaktwetterstation mit der Geräte-ID 001 nach der aktuellen Temperatur von einem PC abgefragt werden, geschieht das wie folgt:

Sensor:

Klassen-ID für Kompaktwetterstation ist 7 = 7h

Geräte-ID ist 001 = 01h

Setzt man die Klassen- und Geräte-ID zusammen ergibt sich eine Ziel-Adresse 7001h.

PC:

Klassen-ID für PC (Master-Gerät) ist 15 = Fh

PC-ID ist z.B. 001d = 01h

Setzt man die Klassen- und PC-ID zusammen ergibt sich eine Absender-Adresse F001h.

Die Länge <len> beträgt für den Befehl Onlinedatenabfrage 4d = 04h,

das Kommando für Onlinedatenabfrage ist 23h,

die Versionsnummer des Befehls ist 1.0 = 10h.

In der <payload> steht die Kanalnummer; wie aus der Kanalliste (Seite 61) ersichtlich ist, steht die aktuelle Temperatur in °C in Kanal 100d = 0064h.

Die berechnete CRC beträgt D961h.

Die Anfrage an das Gerät:

SOH	<ver>	<to>		<from>		<len>	STX	<cmd>	<verc>	<channel>		ETX	<cs>		EOT
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
01h	10h	01h	70h	01h	F0h	04h	02h	23h	10h	64h	00h	03h	61h	D9h	04h

Die Antwort des Gerätes:

SOH	<ver>	<to>		<from>		<len>	STX	<cmd>	<verc>	<status>	<channel>		<typ>
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
01h	10h	01h	F0h	01h	70h	0Ah	02h	23h	10h	00h	64h	00h	16h

<value>				ETX	<cs>		EOT
15	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**
00h	00h	B4h	41h	03h	C6h	22h	04h

Interpretation der Antwort:

<status> = 00h Gerät o.k. (≠ 00h bedeutet Error-Code; siehe Seite 66)

<typ> = Datentyp des folgenden Wertes; 16h = Float (4 Byte, IEEE Format)

<value> = 41B40000h entspricht Floatwert 22,5

Die Temperatur beträgt also 22,5°C.

Mit Hilfe der Checksumme (22C6h) kann die korrekte Datenübertragung überprüft werden.

Hinweis: Bei der Übertragung von Word- und Float-Variablen, wie z.B. der Adressen oder der CRC, gilt Little Endian (Intel, lowbytefirst). Das bedeutet, erst kommt das LowByte und dann das HighByte.

19.3.5 Status- und Error-Codes im Binär-Protokoll

Liefert eine Messwertabfrage den <status> 00h, dann arbeitet der Sensor ordnungsgemäß. Eine komplette Liste weiterer Codes finden Sie in der Beschreibung des UMB-Protokolls.

Auszug der Liste:

<status>	Beschreibung
00h (0d)	Kommando erfolgreich; kein Fehler; alles i.O.
10h (16d)	unbekanntes Kommando; wird von diesen Gerät nicht unterstützt
11h (17d)	ungültige Parameter
24h (36d)	ungültiger Kanal
28h (40d)	Gerät nicht bereit; z.B. Initialisierung / Kalibrierung läuft
50h (80d)	Messgröße (+Offset) liegt außerhalb des eingestellten Darstellungsbereichs
51h (81d)	
52h (82d)	Messwert (physikalisch) liegt außerhalb des Messbereichs (z.B. ADC-Overrange)
53h (83d)	
54h (84d)	Datenfehler in den Messdaten oder keine gültigen Daten vorhanden
55h (85d)	Gerät / Sensor kann auf Grund der Umgebungsbedingungen keine gültige Messung durchführen

19.3.6 CRC-Berechnung

Berechnung der CRC erfolgt nach folgenden Regeln:

Norm: CRC-CCITT

Polynom: 1021h = x16 + x12 + x5 + 1 (LSB-first-Mode)

Startwert: FFFFh

Weitere Informationen finden Sie in der Beschreibung einer CRC-Berechnung im UMB-Protokoll.

19.3.7 Datenabruf im Energiesparmodus 2

Im Energiesparmodus 2 befindet sich der Prozessor der Kompaktwetterstation normalerweise im „Tiefschlaf“. Für den Abruf der Messdaten ist daher die Einhaltung einer bestimmten Befehlssequenz und eines bestimmten Timings erforderlich:

- „Aufwecken“ durch Senden von <Break>, eines beliebigen Zeichens oder Telegramms. (ein Telegramm wird hier nicht erkannt und daher nicht beantwortet, da der UART erst startet)
- 1000msec Pause für den Prozessor-Start
- Aktivieren der Messung durch (beliebiges) Telegramm mit der gültigen Adresse der Station
- 2000msec Pause für die Durchführung der Mess-Sequenz
- Abruf der Messdaten

Beispiel einer Abrufsequenz:

```
Befehl Datenabruf (0x23), Kanal 100
      Keine Antwort
1 sec Warten
Befehl Datenabruf (0x23), Kanal 100
      Daten verwerfen
2 sec Warten
Befehl Multi-Datenabruf (0x2F), Kanäle 100, 200, 300, 620, 605, 700
      Daten speichern
```

19.4 Kommunikation im ASCII-Protokoll

Über das ASCII-Protokoll kann auf textbasierter Weise mit Geräten kommuniziert werden.

Hierzu muss in der Gerätekonfiguration in den Schnittstelleneinstellungen der Protokoll-Mode auf ASCII gestellt werden (siehe Seite 29).

Das ASCII-Protokoll ist netzwerkfähig und dient ausschließlich zur Onlinedaten-Abfrage. Bei einem unverständlichen ASCII-Kommando reagiert das Gerät nicht!

Hinweis: Bei langen Übertragungswegen (z.B. Netzwerk, GPRS/UMTS) empfiehlt sich unbedingt die Verwendung des Binär-Protokolls, da im ASCII-Protokoll keine Übertragungsfehler detektiert werden können (nicht CRC-gesichert).

Hinweis: Im ASCII-Protokoll stehen keine TLS-Kanäle zur Verfügung!

19.4.1 Aufbau

Ein ASCII-Befehl wird durch das Zeichen ‚&' eingeleitet und mit den Zeichen CR (0Dh) abgeschlossen. Zwischen den einzelnen Blöcken steht jeweils ein Leerzeichen (20h); dargestellt mit einem Unterstrich ‚_'. Zeichen, die einen ASCII-Wert repräsentieren, stehen in einfachen Anführungszeichen.

19.4.2 Übersicht der ASCII-Befehle

Befehl	Funktion	BC	AZ
M	Onlinedatenabfrage		l
X	Wechselt in das Binär-Protokoll		k
R	löst Softwarereset aus	●	k
D	Softwarereset mit Verzögerung	●	k
I	Geräteinformation		k

In dieser Beschreibung wird nur die Onlinedatenabfrage beschrieben. Die Beschreibung der restlichen Befehle finden Sie im UMB-Protokoll.

19.4.3 Onlinedatenabfrage (M)

Beschreibung: Mit dem Kommando wird ein Messwert eines bestimmten Kanals abgefragt.

Aufruf: ‚&'_<ID>[5]_‚M'_<channel>[5] CR

Antwort: ‚$'_<ID>[5]_‚M'_<channel>[5]_<value>[5] CR

<ID>[5] Geräteadresse (5-stellig dezimal mit führenden Nullen)

<channel>[5] gibt die Kanalnummer an (5-stellig dezimal mit führenden Nullen)

<value>[5] Messwert (5-stellig dezimal mit führenden Nullen); ein auf 0 – 65520d normierter Messwert. Von 65521d – 65535d sind diverse Fehlercodes definiert

Beispiel:

Aufruf: &_28673_M_00100

Mit diesem Aufruf wird Kanal 100 von dem Gerät mit der Adresse 28673 (Kompaktwetterstation mit der Geräte-ID 001) abgefragt.

Antwort: $_28673_M_00100_34785

Dieser Kanal gibt eine Temperatur von –50 bis +60°C aus; daraus ergibt sich folgende Rechnung:

0d	entspricht	-50°C
65520d	entspricht	+60°C
36789d	entspricht	[+60°C – (-50°C)] / 65520 * 34785 +(-50°C) = 8,4°C

Hinweis: Im ASCII-Protokoll stehen keine TLS-Kanäle zur Verfügung!

19.4.4 Normierung der Messwerte im ASCII-Protokoll

Die Normierung der Messwerte von 0d – 65520d entspricht dem Messbereich der jeweiligen Messgröße.

Messgröße	Messbereich		
	min	max	Einheit
Temperatur			
Temperatur Taupunkt Feuchtkugeltemperatur	-50,0	60,0	°C
	-58,0	140,0	°F
Externer Temperatursensor	-40,0	80,0	°C
	-40,0	176,0	°F
Wind-Chill-Temperatur	-60.0	70.0	°C
	-76.0	158.0	°F
Feuchte			
Relative Feuchte	0,0,	100,0	%
absolute Feuchte Mischungsverhältnis	0,0	1000,0	g/m³ g/kg
Spezifische Enthalpie	-100,0	1000,0	kJ/kg
Druck			
relativer Luftdruck absoluter Luftdruck	300,0	1200,0	hPa
Luftdichte			
Luftdichte	0,0	3,0	kg/m³
Wind			
Windgeschwindigkeit	0,0	75,0	m/s
	0,0	270,0	km/h
	0,0	167,8	mph
	0,0	145,8	kts
Windrichtung	0,0	359,9	°
Güte der Windmessung	0,0	100,0	%
Regen			
Menge	0,0	6552,0	Liter / m²
	0,0	6552,0	mm
	0,0	257,9	Inch
	0,0	257952,7	mil
Menge seit letzter Abfrage	0,0	655,2	Liter / m²
	0,0	655,2	mm
	0,0	25,79	Inch
	0,0	25795,2	mil
Niederschlagsart	0 = kein Niederschlag 40 = Niederschlag 60 = flüssiger Niederschlag, z.B. Regen 70 = fester Niederschlag, z.B. Schnee		
Niederschlagsintensität	0,0	200,0	l/m²/h
	0,0	200,0	mm/h
	0,0	7,874	in/h
	0,0	7874	mil/h
Globalstrahlung			
Globalstrahlung	0,0	1400,0	W/m²
Blattnässe			
Blattnässe mV	0,0	1500,0	mV
Blattnässe Zustand	0 = trocken 1 = nass		

19.4.5 Status- und Error-Codes im ASCII-Protokoll

Oberhalb der Normierung für die Messwertausgabe sind von 65521d – 65535d diverse Fehlercodes definiert.

<code>	Beschreibung
65521d	ungültiger Kanal
65523d	Messwert oberhalb des Messbereichs
65524d	Messwert unterhalb des Messbereichs
65525d	Datenfehler in den Messdaten oder keine gültigen Daten vorhanden
65526d	Gerät / Sensor kann auf Grund der Umgebungsbedingungen keine gültige Messung durchführen
65534d	ungültige Kalibrierung
65535d	unbekannter Fehler

19.5 Kommunikation im Terminal-Mode

Über den Terminal-Mode kann auf sehr einfache textbasierter Weise mit einem Gerät kommuniziert werden.

Hierzu muss in der Gerätekonfiguration in den Schnittstelleneinstellungen der Protokoll-Mode auf Terminal gestellt werden (siehe Seite 29).

Hinweis: Bei der Kommunikation im Terminal-Mode darf nur ein einziges Gerät an der Schnittstelle angeschlossen werden, da dieses Protokoll **NICHT** netzwerkfähig ist. Es dient der sehr einfachen Abfrage von Messwerten.

Hinweis: Bei langen Übertragungswegen (z.B. Netzwerk, GPRS/UMTS) empfiehlt sich unbedingt die Verwendung des Binär-Protokolls, da im Terminal-Mode keine Übertragungsfehler detektiert werden können (nicht CRC-gesichert).

Hinweis: Im Terminal-Mode stehen nicht alle Messwerte in allen Einheiten zur Verfügung. Weiter werden keine Status- und Fehlermeldungen ausgegeben.

19.5.1 Aufbau

Ein Terminal-Befehl besteht aus einem ASCII-Zeichen und einer Ziffer. Abgeschlossen wird der Befehl mit dem Zeichen <CR>. Bei der Eingabe erfolgt kein Echo.

Die Trennung der einzelnen Werte in der Antwort erfolgt durch ein Semikolon (;). Der Abschluss der Antwort erfolgt mit <CR><LF>.

Ein ungültiger Terminal-Befehl wird mit ‚FAILED' quittiert. Steuerbefehle werden mit ‚OK' quittiert.

Am Anfang jeder Antwort steht der Befehl, auf welchen geantwortet wird.

Hinweis: Im Terminal-Mode sind keine Antwortzeiten spezifiziert.

19.5.2 Terminal-Befehle

Die Terminal-Befehle geben folgende Werte aus, bzw. haben folgende Funktionen:

E0<CR>	Temperatur in °C	Ta	C	(Kanal 100)
	Taupunkttemperatur in °C	Tp	C	(Kanal 110)
	Windchill-Temperatur in °C	Tw	C	(Kanal 111)
	relative Feuchte in %	Hr	P	(Kanal 200)
	relativer Luftdruck in hPa	Pa	H	(Kanal 305)
	Windgeschwindigkeit in m/s	Sa	M	(Kanal 400)
	Windrichtung in °	Da	D	(Kanal 500)
	Niederschlagsmenge in mm	Ra	M	(Kanal 620)
	Niederschlagsart	Rt	N	(Kanal 700)
	Niederschlagsintensität in mm/h	Ri	M	(Kanal 820)
E1<CR>	Temperatur in °F	Ta	F	(Kanal 105)
	Taupunkttemperatur in °F	Tp	F	(Kanal 115)
	Windchill-Temperatur in °F	Tw	F	(Kanal 116)
	relative Feuchte in %	Hr	P	(Kanal 200)
	relativer Luftdruck in hPa	Pa	H	(Kanal 305)
	Windgeschwindigkeit in mph	Sa	S	(Kanal 410)
	Windrichtung in °	Da	D	(Kanal 500)
	Niederschlagsmenge in Inch	Ra	I	(Kanal 640)
	Niederschlagsart	Rt	N	(Kanal 700)
	Niederschlagsintensität in Inch/h	Ri	I	(Kanal 840)
E2<CR>	akt. Windgeschwindigkeit in m/s	Sa	M	(Kanal 400)
	min. Windgeschwindigkeit in m/s	Sn	M	(Kanal 420)
	max. Windgeschwindigkeit in m/s	Sx	M	(Kanal 440)
	avg. Windgeschwindigkeit in m/s	Sg	M	(Kanal 460)
	vct. Windgeschwindigkeit in m/s	Sv	M	(Kanal 480)
	act. Windrichtung in °	Da	D	(Kanal 500)
	min. Windrichtung in °	Dn	D	(Kanal 520)
	max. Windrichtung in °	Dx	D	(Kanal 540)
	vct. Windrichtung in °	Dv	D	(Kanal 580)
E3<CR>	akt. Windgeschwindigkeit in mph	Sa	S	(Kanal 410)
	min. Windgeschwindigkeit in mph	Sn	S	(Kanal 430)
	max. Windgeschwindigkeit in mph	Sx	S	(Kanal 450)
	avg. Windgeschwindigkeit in mph	Sg	S	(Kanal 470)
	vct. Windgeschwindigkeit in mph	Sv	S	(Kanal 490)
	act. Windrichtung in °	Da	D	(Kanal 500)
	min. Windrichtung in °	Dn	D	(Kanal 520)
	max. Windrichtung in °	Dx	D	(Kanal 540)
	vct. Windrichtung in °	Dv	D	(Kanal 580)
E4<CR>	akt. Kompass in °	Ca	D	(Kanal 510)
	akt Globalstrahlung in W/m²	Ga	W	(Kanal 900)
	min. Globalstrahlung in W/m²	Gn	W	(Kanal 920)
	max. Globalstrahlung in W/m²	Gx	W	(Kanal 940)
	avg. Globalstrahlung in W/m²	Gg	W	(Kanal 960)
	akt. Spezifische Enthalpie in KJ/Kg	Ea	J	(Kanal 215)
	akt. Feuchtkugeltemperatur in °C	Ba	C	(Kanal 114)
	akt. Feuchtkugeltemperatur in °F	Ba	F	(Kanal 119)
	akt. Luftdichte in kg/m³	Ad	G	(Kanal 310)
E5<CR>	akt. Blattnässe in mV	La	X	(Kanal 710)
	akt. Blattnässe	Lb	X	(Kanal 711)
	externe Temperatur (akt) °C	Te	C	(Kanal 101)
	externe Temperatur (akt) ° F	Te	F	(Kanal 106)
	Reserve	Xx	X	
	Reserve	Xx	X	
	Reserve	Xx	X	
	Reserve	Xx	X	
	Reserve	Xx	X	

Mx<CR>	liefert dieselben Größen wie Ex<CR>, jedoch ohne zusätzliche Informationen wie Messgröße und Einheit
I0<CR>	Seriennummer; Fertigungsdatum; Projektnummer; Stücklistenversion; SPLAN-Version; HW-Version; Firmware-Version; E2-Version; Geräteversion
I1<CR>	gibt die Gerätebeschreibung aus

R0<CR>	führt einen Gerätereset durch
R1<CR>	setzt die aufsummierte Regenmenge zurück und führt einen Gerätereset durch
X0<CR>	schaltet temporär ins UMB-Binär-Protokoll

Beispiele:

E0<CR>	E0;Ta+024.9C;Tp+012.2C;Tw+026.8C;Hr+045.0P;Pa+0980.6H; Sa+005.1M;Da+156.6D;Ra+00042.24M;Rt+060N;Ri+002.6M;
M0<CR>	M0;+024.9;+012.2;+026.8;+045.0;+0980.6; +005.1;+156.6;+00042.24;+060;+002.6;
E2<CR>	E2;Sa+005.1M;Sn+001.1M;Sx+007.1M;Sg+005.1M;Sv+005.0M; Da+156.6D;Dn+166.6D;Dx+176.6D;Dv+156.6D;
M2<CR>	M2;+005.1;+001.1;+007.1;+005.1;+005.0; +156.6;+166.6;+176.6;+156.6;
I0<CR>	I0;001;0109;0701;004;005;001;016;011;00002;<CR><LF>
R0<CR>	R0;OK;<CR><LF>

19.6 Kommunikation im SDI-12 Modus

Die Kommunikation im SDI-12 Modus entspricht dem Standard

‚SDI-12 A Serial-Digital Interface Standard for Microprocessor-Based Sensors Version 1.3 January 12, 2009' .Der Sensor kann im Busbetrieb mit anderen SDI-12 Sensoren an einem SDI Master (Logger) betrieben werden.

19.6.1 Einstellungen für SDI-12 Betrieb

Da die Schnittstelleneinstellungen nach SDI Standard von den Einstellungen der UMB-Sensorik sind die entsprechenden Parameter mit Hilfe des UMB Config Tools (aktuelle Version!) zu setzen

Die Protokollart wird auf SDI-12 einzustellen. Dabei wird die Baudrate automatisch auf 1200 Baud eingestellt.

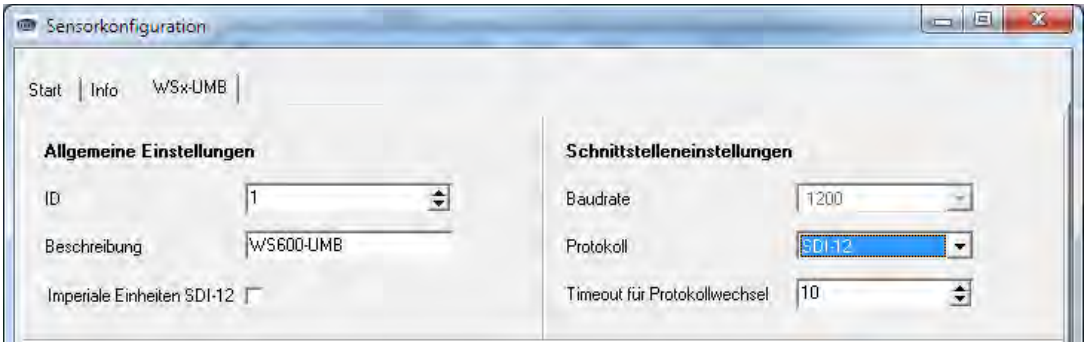


Abb. 34: Sensor Konfiguration SDI-12

Die Messdaten können entweder in metrischen, oder in US-Einheiten übertragen werden. Auch diese Einstellung wird mit dem UMB-Config-Tool vorgenommen.

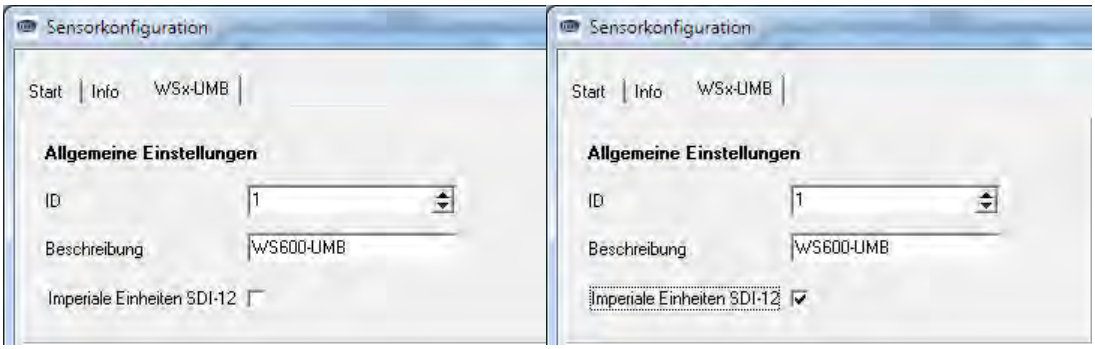


Abb. 35: Sensor Konfiguration SDI-12 Einheiten

Metrische Einheiten US-Einheiten

Wenn der Sensor im SDI-12-Modus betrieben wird, ist im Prinzip wegen der unterschiedlichen Schnittstellen-Einstellungen ein Zugang mit dem UMB-Config-Tool nicht mehr möglich. Um diesen dennoch zu erlauben, wird die Schnittstelle in den ersten 5 Sekunden nach dem Einschalten bzw. nach einem Reset im Standard-UMB-Modus (19200 8N1) betrieben. Wenn die UMB-Geräte-ID ungleich 1 ist, wird sie für diesen Zeitraum auf 200 umgeschaltet. Dadurch werden auch Geräte mit unbekannter ID erreichbar. Wenn innerhalb dieser 5 sec ein gültiges UMB-Telegramm empfangen wird, bleibt das Gerät für die konfigurierte Umschaltzeit (einige Minuten) im UMB-Modus, so dass die Konfiguration bearbeitet werden kann:

- PC über RS-485 Konverter an die WSxxx-UMB anschließen
- UMB-Config-Tool starten und WSxxx-UMB mit der Adresse des Gerätes (1 oder 200) anlegen und mindestens einen Sensor aktivieren, Messung starten (bringt zunächst nur Fehlermeldungen)
- Reset des Gerätes auslösen (Betriebsspannung aus/ein)
- Wenn der Sensor sich meldet, kann die Messung beendet werden, die Schnittstelle ist jetzt für Konfiguration offen.

19.6.2 Befehlssatz

Einzelheiten über das SDI-12 Protokoll können dem o.a. Standard-Dokument entnommen werden. Von den dort aufgeführten Befehlen sind in den Geräten der WS-Familie verfügbar:

Hinweis: In den Beispielen der folgenden Abschnitte ist die Abfrage des Loggers jeweils kursiv dargestellt (*0V!*)

Befehl	Funktion
?!	Adress-Suche (Wildcard-Abfrage, nur ein Gerät am Bus!)
a!	Abfrage Gerät aktiv?
aI!	Abfrage Geräte-Identifikation
aAb!	Adresse einstellen auf b (0 … 9, A …Z, a … z)
aM!	Messung durchführen, Basisdatensatz minimal
aM1!	Messung durchführen: Temperatur-Messwerte
aM2!	Messung durchführen: Feuchte-Messwerte
aM3!	Messung durchführen: Luftdruck-Messwerte
aM4!	Messung durchführen: Wind-Messwerte
aM5!	Messung durchführen: Kompass-Messwerte
aM6!	Messung durchführen: Niederschlags-Messwerte
aM7!	Messung durchführen: Globalstrahlungs-Messwerte
aM8!	Messung durchführen: externe Temperatur
aMC!	Messung durchführen, Basisdatensatz minimal, Messwerte mit CRC übertragen
aMC1! … aMC8!	Messung durchführen (Messwert-Zuordnung wie aMn! Befehle), Messwerte mir CRC übertragen
aC!	Messung durchführen, voller Basisdatensatz, concurrent
aC1! … aC8!	Messung durchführen, concurrent, Messwert-Zuordnung wie aMn!-Befehle, ggfs. erweiterter Datensatz
aCC!	Messung durchführen, voller Basisdatensatz, concurrent, Messwerte mit CRC übertragen
aCC1! … aCC8!	Messung durchführen, concurrent, Messwert-Zuordnung wie aMn!-Befehle, ggfs. erweiterter Datensatz, Messwerte mit CRC übertragen
aD0!	Datenabruf Puffer 0
aD1!	Datenabruf Puffer 1
aD2!	Datenabruf Puffer 2
aD3!	Datenabruf Puffer 3
aD4!	Datenabruf Puffer 4
aR0!	Datenabruf aus kontinuierlicher Messung, Datensatz 0
aR1!	Datenabruf aus kontinuierlicher Messung, Datensatz 1
aR2!	Datenabruf aus kontinuierlicher Messung, Datensatz 2
aR3!	Datenabruf aus kontinuierlicher Messung, Datensatz 3
aR4!	Datenabruf aus kontinuierlicher Messung, Datensatz 4
aRC0!	Datenabruf aus kontinuierlicher Messung, Datensatz 0 mit CRC
aRC1!	Datenabruf aus kontinuierlicher Messung, Datensatz 1 mit CRC
aRC2!	Datenabruf aus kontinuierlicher Messung, Datensatz 2 mit CRC
aRC3!	Datenabruf aus kontinuierlicher Messung, Datensatz 3 mit CRC
aRC4!	Datenabruf aus kontinuierlicher Messung, Datensatz 4 mit CRC
aV!	Befehl Verifikation: Ermittlung Sensorstatus und Heizungstemperaturen, Abruf der Daten mit aD0!, aD1!
aXU<u/m>!	Umschaltung zwischen metrischen und US-Einheitenl
aXH+nnnn!	Ortshöhe des Gerätes für rel. Luftdruck einstellen

Befehl	Funktion
aXD+nnn.n!	Kompass-Missweisung einstellen
aXL<n/s/w>!	Energiesparmodus des Gerätes einstellen
aXMn!	Heizungs-Modus des Gerätes einstellen
aXA<t/p/w>+nn!	Zeit für Mittelwert und Min/Max Ermittlung einstellen
aXC!	Abs. Niederschlagsmenge rücksetzen (mit Geräte-Reset)
aXR!	Geräte-Reset

Der Umfang des minimalen und des vollen Basisdatensatzes hängt von der Variante (WS200 ... WS600) des jeweiligen Gerätes ab (s. unten). Das gleiche gilt für die Verfügbarkeit der erweiterten Messbefehle (aM1!, aC1! usw.).

Da die Sensoren der WS-Familie aufgrund der angewandten Messverfahren, anders als die in den SDI-12 Dokumenten beschriebenen Standard-Sensoren, im **Normalbetrieb** immer kontinuierlich messen, ergeben sich für diese Betriebsart einige Besonderheiten:

- Das Gerät muss nicht “aufgeweckt” werden, und kennt auch keinen Schlafmodus. Die Reaktionen auf “Break” Signale und alle damit im Zusammenhang stehenden Timingbestimmungen entfallen also. “Break” wird von WS-Geräten ignoriert.
- Mit M- oder C- Befehlen abgerufene Daten stehen immer sofort zur Verfügung, das Gerät antwortet immer mit `a000n` bzw. `a000nn`. Das heißt, das Gerät sendet keinen Service-Request und ignoriert Signale zum Abbruch der Messung. Der Master sollte die Daten sofort abrufen.
- M- und C-Befehl unterscheiden sich nur in der Anzahl der zur Verfügung gestellten Daten (in beiden Fällen das vom Standard erlaubte Maximum von 9 bzw. 20).
- Es wird empfohlen, die Daten mit den Befehlen für kontinuierliche Messung (R-Befehle) abzurufen.
- Im **Energiesparmodus 2** wird das Gerät durch ein „Break“ Signal aufgeweckt. Andere Funktionen des „Break“ Signals sind nicht implementiert.
- Im **Energiesparmodus 2** antwortet das Gerät auf M oder C Befehle mit `a002n` bzw. `a002nn` und stellt die Daten innerhalb von 2 Sekunden bereit. Es sendet aber keinen Service-Request, Signale zum Abbruch der Messung werden ignoriert.
- Für den eingeschränkten Messdatenumfang im Energiesparmodus 2 wurde eine für alle Geräte einheitliche Messdatenpuffer-Struktur definiert. Abhängig vom jeweiligen Modell werden nicht verwendete Kanäle mit dem „ungültig“-Wert 999.9 belegt.

19.6.3 Adress-Einstellung

UMB-Geräte-ID und SDI-12 Adresse sind aneinander gekoppelt.

Dabei sind die unterschiedliche Adressbereiche zu beachten sowie die Tatsache, dass es sich bei den UMB-Adressen um Zahlen und bei den SDI-12 Adressen um ASCII-Zeichen handelt.

Die SDI-12 Adresse wird daher aus der eingestellten UMB-Geräte-ID wie folgt abgeleitet:

UMB-Geräte-ID 1 (default) entspricht der SDI-12 Adresse ‘0’ (SDI-12 default).

Eine Änderung der SDI-12 Adresse durch SDI-12 Einstellbefehl ändert auch die UMB-Geräte-ID entsprechend.

Zulässige Adressbereiche:

UMB (dez)			SDI-12 (ASCII)		
1	bis	10	‘0’	bis	‘9’
18	bis	43	‘A’	bis	‘Z’
50	bis	75	‘a’	bis	‘z’

19.6.4 Messdaten-Telegramme

Im Interesse der einfacheren Auswertung wurde die Zuordnung der Messwerte zu den Messwert-Puffern ‘0’ bis ‘9’ einheitlich festgelegt. Daher wird auch auf die C-Abfragen mit einer maximalen Datenlänge von 35 Byte geantwortet, auch wenn hier 75 Byte zulässig wären.

Derzeit werden die Puffer ‘0’ bis ‘4’ genutzt.

Da bei M-Abfragen maximal 9 Messwerte übertragen werden können, wurden die Puffer ‘0’ und ‘1’ mit dem minimalen Basis-Datensatz belegt, die Puffer ‘2’ bis ‘4’, die beim Abruf mit dem C-Befehl zur Verfügung stehen, enthalten weitere, ergänzende Messwerte. Mit dieser Maßnahme wird die Kompatibilität zu Loggern, die nach älteren Versionen (< 1.2) des SDI-12 Standards ausgelegt sind, sichergestellt.

Die Pufferbelegung hängt von der Gerätevariante (WS200-UMB … WS600-UMB) ab.

Der vollständige Umfang der Messdaten, wie er über das UMB-Protokoll definiert ist, ist in der SDI-12 Umgebung über die zusätzlichen M- und C-Befehle (aM1! … aM8!, aMC1! … aMC8!, aC1! … aC8!, aCC1! … aCC8!) erreichbar (s. unten)

Wenn der Messwert aus irgendwelchen Gründen, z.B. Sensorfehler, nicht verfügbar ist, wird +999.9 oder -999.9 angezeigt. Der Logger kann die Fehlerursache dann über die Verifikationsabfrage aV! (siehe unten) genauer bestimmen

In den folgenden Tabellen werden die Messgrößen in der Reihenfolge aufgeführt, in der sie im Telegramm auftreten (s. Beispiel).

Abhängig von der Konfiguration des Gerätes werden die Messwerte in metrischen oder US-Einheiten ausgegeben.

Hinweis: Das konfigurierte Einheitensystem wird in den Datentelegrammen nicht angezeigt. Der Logger kann die Einstellung mittels des I-Befehls abrufen und die Auswertung der Datentelegramme entsprechend einstellen (siehe unten)

Beispiel: M-Abfrage von einer WS600-UMB Station

0M!

00009<CR><LF> 9 Messwerte stehen bereit

0D0!

0+13.5+85.7+1017+2.5+3.7<CR><LF>

Lufttemperatur 13,5°C, rel. Feuchte 85,7%,
Rel. Luftdruck 1017hPa, mittlere Windgeschwindigkeit 2,5m/s
Spitzen-Windgeschwindigkeit 3,7m/s

0D1!

0+43.7+9.8+60+4.4<CR><LF>

Windrichtung 43,7°, Feuchtkugeltemperatur 9,8°C
Niederschlagsart 60 (Regen), Niederschlagsintensität 4.4mm/h

Beispiel: C-Abfrage von einer WS600-UMB Station

0C!

000020<CR><LF> 20 Messwerte stehen bereit

0D0!

0+13.5+85.7+1017.0+2.5+3.7<CR><LF>
Lufttemperatur 13,5°C, rel. Feuchte 85,7%
Rel. Luftdruck 1017hPa, mittlere Windgeschwindigkeit 2,5m/s
Spitzen-Windgeschwindigkeit 3,7m/s

0D1!

0+43.7+9.8+60+4.4<CR><LF>
Windrichtung 43,7°,wetbulbtemperature 9,8°C
Niederschlagsart 60 (Regen), Niederschlagsintensität 4.4mm/h

0D2!

0+11.2+10.3+1.10<CR><LF>
Taupunkt 11.2°C, Wind-Chill-Temperatur 10,3°C
Differentielle Niederschlagsmenge 1.10mm

0D3!

0+3.2+0.0+3.5+100.0<CR><LF>
Akt. Windgeschwindigkeit 3,2m/s, min. Windgeschwindigkeit 0.0 m/s
Vekt. gemittelte Windgeschwindigkeit 3.5m/s, Qualität der Windmessung 100%

0D4!

0+43.7+41.3+45.7+29.3<CR><LF>
Akt. Windrichtung 43,7°, min. Windrichtung 41,3°,
max. Windrichtung 45,7°, spezifische Enthalpie 29,3 kJ/kg

19.6.4.1 Pufferbelegung Basisdaten WS600-UMB

Gerät für Messgrößen in metrischen Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Lufttemperatur (act)	100	-50,0	60,0	°C
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Rel. Luftdruck	305	300,0	1200,0	hPa
Windgeschwindigkeit (avg)	460	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (max)	440	0,0	75,0	m/s
Puffer '1'				
Windrichtung (vct)	580	0,0	359,9	°
Feuchtkugeltemperatur (act)	114	-50,0	60,0	°C
Niederschlagsart	700	0, 60, 70		
Niederschlagsintensität	820	0,0	200,0	mm/h
Puffer '2'				
Taupunkt (act)	110	-50,0	60,0	°C
Wind-Chill Temperatur (act)	111	-60,0	70,0	°C
Regenmenge differentiell	625	0,00	100000,00	mm
Puffer '3'				
Windgeschwindigkeit (act)	400	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (min)	420	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (vct)	480	0,0	75,0	m/s
Windqualität	805	0,0	100,0	%
Puffer '4'				
Windrichtung (act)	500	0,0	359,9	°
Windrichtung (min)	520	0,0	359,9	°
Windrichtung (max)	540	0,0	359,9	°
Spezifische Enthalpie (act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg

Beispiel: Abfrage Puffer '0'

0D0!

0+13.5+85.7+1017+2.5+3.7<CR><LF>

Lufttemperatur 13,5°C, rel. Luftfeuchte 85,7%, Luftdruck 1017hPa, mittlere Windgeschwindigkeit 2,5m/s, Spitzen-Windgeschwindigkeit 3,7m/s

Gerät für Messgrößen in US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer ‘0’				
Lufttemperatur (act)	105	-58,0	140,0	°F
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Rel. Luftdruck	305	300,0	1200,0	hPa
Windgeschwindigkeit (avg)	470	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (max)	450	0,0	167,8	mph
Puffer ‘1’				
Windrichtung (vct)	580	0,0	359,9	°
Feuchtkugeltemperatur (act)	119	-58,0	140,0	°F
Niederschlagsart	700	0, 60, 70		
Niederschlagsintensität	840	0,000	7,874	in/h
Puffer ‘2’				
Taupunkt (act)	115	-58,0	14,0	°F
Wind-Chill Temperatur (act)	116	-76,0	158,0	°F
Regenmenge differentiell	645	0,0000	3937,0000	in
Puffer ‘3’				
Windgeschwindigkeit (act)	410	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (min)	430	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (vct)	490	0,0	167,8	mph
Windqualität	805	0,0	100,0	%
Puffer ‘4’				
Windrichtung (act)	500	0,0	359,9	°
Windrichtung (min)	520	0,0	359,9	°
Windrichtung (max)	540	0,0	359,9	°
Spezifische Enthalpie. (act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg

19.6.4.2 Pufferbelegung Basisdaten WS500-UMB

Gerät für Messgrößen in metrischen Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Lufttemperatur (act)	100	-50,0	60,0	°C
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Rel. Luftdruck	305	300,0	1200,0	hPa
Windgeschwindigkeit (avg)	460	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (max)	440	0,0	75,0	m/s
Puffer '1'				
Windrichtung (vct)	580	0,0	359,9	°
Feuchtkugeltemperatur (act)	114	-50,0	60,0	°C
Taupunkt (act)	110	-50,0	60,0	°C
Wind-Chill Temperatur (act)	111	-60,0	70,0	°C
Puffer '2'				
Windgeschwindigkeit (act)	400	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (min)	420	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (vct)	480	0,0	75,0	m/s
Windqualität	805	0,0	100,0	%
Puffer '3'				
Windrichtung (act)	500	0,0	359,9	°
Windrichtung (min)	520	0,0	359,9	°
Windrichtung (max)	540	0,0	359,9	°
Spezifische Enthalpie (act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg

Beispiel: Abfrage Puffer '0'

0D0!

0+13.5+85.7+1017+2.5+3.7<CR><LF>

Lufttemperatur 13,5°C, rel. Luftfeuchte 85,7%, rel. Luftdruck 1017hPa, mittlere Windgeschwindigkeit 2,5m/s, Spitzen-Windgeschwindigkeit 3,7m/s

Gerät für Messgrößen in US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer ‘0’				
Lufttemperatur (act)	105	-58,0	140,0	°F
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Rel. Luftdruck	305	300,0	1200,0	hPa
Windgeschwindigkeit (avg)	470	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (max)	450	0,0	167,8	mph
Puffer ‘1’				
Windrichtung (vct)	580	0,0	359,9	°
Feuchtkugeltemperatur (act)	119	-58,0	140,0	°F
Taupunkt (act)	115	-58,0	14,0	°F
Wind-Chill Temperatur (act)	116	-76,0	158,0	°F
Puffer ‘2’				
Windgeschwindigkeit (act)	410	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (min)	430	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (vct)	490	0,0	167,8	mph
Windqualität	805	0,0	100,0	%
Puffer ‘3’				
Windrichtung (act)	500	0,0	359,9	°
Windrichtung (min)	520	0,0	359,9	°
Windrichtung (max)	540	0,0	359,9	°
Spezifische Enthalpie. (act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg

19.6.4.3 Pufferbelegung Basisdaten WS400-UMB

Gerät für Messgrößen in metrischen Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Lufttemperatur (act)	100	-50,0	60,0	°C
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Taupunkt (act)	110	-50,0	60,0	°C
Abs. Luftdruck(act)	300	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(act)	305	300,0	1200,0	hPa
Puffer '1'				
Niederschlagsart	700	0, 60, 70		
Niederschlagsintensität	820	0,0	200,0	mm/h
Regenmenge differentiell	625	0,00	100000,00	mm
Regenmenge absolut	620	0,0	100000,0	mm
Puffer '2'				
Lufttemperatur (min)	120	-50,0	60,0	°C
Lufttemperatur (max)	140	-50,0	60,0	°C
Lufttemperatur (avg)	160	-50,0	60,0	°C
Rel. Luftfeuchte (min)	220	0,0	100,0	%
Rel. Luftfeuchte (max)	240	0,0	100,0	%
Puffer '3'				
Rel. Luftfeuchte (avg)	260	0,0	100,0	%
Rel. Luftdruck(min)	325	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(max)	345	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(avg)	365	300,0	1200,0	hPa
Feuchtkugeltemperatur (act)	114	-50,0	60,0	°C
Spezifische Enthalpie (act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg

Beispiel: Abfrage Puffer '0'

0D0!

```
0+13.5+85.7+11.2+1017.0+1001.0
```

Lufttemperatur 13,5°C, rel. Luftfeuchte 85,7%, Taupunkt 11,2°C,rel. Luftdruck 1017hPa, abs. Luftdruck 1001hPa

Gerät für Messgrößen in US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer ‘0’				
Lufttemperatur (act)	105	-58,0	140,0	°F
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Taupunkt (act)	115	-58,0	14,0	°F
Abs. Luftdruck	300	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck	305	300,0	1200,0	hPa
Puffer ‘1’				
Niederschlagsart	700	0, 60, 70		
Niederschlagsintensität	840	0,000	7,874	in/h
Regenmenge differentiell	645	0,0000	3937,0000	in
Regenmenge absolut	640	0,000	3937,000	in
Puffer ‘2’				
Lufttemperatur (min)	125	-58,0	140,0	°F
Lufttemperatur (max)	145	-58,0	140,0	°F
Lufttemperatur (avg)	165	-58,0	140,0	°F
Rel. Luftfeuchte (min)	220	0,0	100,0	%
Rel. Luftfeuchte (max)	240	0,0	100,0	%
Puffer ‘3’				
Rel. Luftfeuchte (avg)	260	0,0	100,0	%
Rel. Luftdruck(min)	325	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(max)	345	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(avg)	365	300,0	1200,0	hPa
Feuchtkugeltemperatur (act)	119	-58,0	140,0	°F
Spezifische Enthalpie (act)	215	-100.0	1000.0	kJ/kg

19.6.4.4 Pufferbelegung Basisdaten WS300-UMB

Gerät für Messgrößen in metrischen Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Lufttemperatur (act)	100	-50,0	60,0	°C
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Taupunkt (act)	110	-50,0	60,0	°C
Abs. Luftdruck(act)	300	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(act)	305	300,0	1200,0	hPa
Puffer '1'				
Lufttemperatur (min)	120	-50,0	60,0	°C
Lufttemperatur (max)	140	-50,0	60,0	°C
Lufttemperatur (avg)	160	-50,0	60,0	°C
Rel. Luftfeuchte (avg)	260	0,0	100,0	%
Puffer '2'				
Rel. Luftfeuchte (min)	220	0,0	100,0	%
Rel. Luftfeuchte (max)	240	0,0	100,0	%
Rel. Luftdruck(min)	325	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(max)	345	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(avg)	365	300,0	1200,0	hPa
Puffer '3'				
Abs. Luftfeuchte (min)	225	0,0	1000,0	g/m³
Abs. Luftfeuchte (max)	245	0,0	1000,0	g/m³
Abs. Luftfeuchte (avg)	265	0,0	1000,0	g/m³
Puffer '4'				
Feuchtkugeltemperatur (act)	114	-50,0	60,0	°C
Spezifische Enthalpie (act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg

Beispiel: Abfrage Puffer '0'

0D0!

```
0+13.5+85.7+11.2+1017.0+1001.0
```

Lufttemperatur 13,5°C, rel. Luftfeuchte 85,7%, Taupunkt 11,2°C, rel. Luftdruck 1017hPa, abs. Luftdruck 1001hPa

Gerät für Messgrößen in US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer ‘0’				
Lufttemperatur (act)	105	-58,0	140,0	°F
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Taupunkt (act)	115	-58,0	14,0	°F
Abs. Luftdruck	300	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck	305	300,0	1200,0	hPa
Puffer ‘1’				
Lufttemperatur (min)	125	-58,0	140,0	°F
Lufttemperatur (max)	145	-58,0	140,0	°F
Lufttemperatur (avg)	165	-58,0	140,0	°F
Rel. Luftfeuchte (avg)	260	0,0	100,0	%
Puffer ‘2’				
Rel. Luftfeuchte (min)	220	0,0	100,0	%
Rel. Luftfeuchte (max)	240	0,0	100,0	%
Rel. Luftdruck(min)	325	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(max)	345	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(avg)	365	300,0	1200,0	hPa
Puffer ‘3’				
Abs. Luftfeuchte (min)	225	0,0	1000,0	g/m³
Abs. Luftfeuchte (max)	245	0,0	1000,0	g/m³
Abs. Luftfeuchte (avg)	265	0,0	1000,0	g/m³
Puffer ‘4’				
Feuchtkugeltemperatur (act)	119	-58,0	140,0	°F
Spezifische Enthalpie act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg

19.6.4.5 Pufferbelegung Basisdaten WS200-UMB

Gerät für Messgrößen in metrischen Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer ‘0’				
Windgeschwindigkeit (avg)	460	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (max)	440	0,0	75,0	m/s
Windrichtung (vct)	580	0,0	359,9	°
Windrichtung (act)	500	0,0	359,9	°
Kompass (act)	510	0,0	359,9	°
Puffer ‘1’				
Windgeschwindigkeit (act)	400	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (min)	420	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (vct)	480	0,0	75,0	m/s
Windqualität	805	0,0	100,0	%
Puffer ‘2’				
Windrichtung (min)	520	0,0	359,9	°
Windrichtung (max)	540	0,0	359,9	°
Windrichtung korr. (act)	502	0,0	359,9	°

Beispiel: Abfrage Puffer ‘0’

0D0!

0+2.5+3.7+45.5+37.8+10.3<CR><LF>

Mittlere Windgeschwindigkeit 2,5m/s, Spitzen-Windgeschwindigkeit 3,7m/s, mittlere Windrichtung (vect.) 45,5°, Windrichtung(akt.) 37,8°, Kompassrichtung 10,3°

Gerät für Messgrößen in US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer ‘0’				
Windgeschwindigkeit (avg)	470	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (max)	450	0,0	167,8	mph
Windrichtung (vct)	580	0,0	359,9	°
Windrichtung (act)	500	0,0	359,9	°
Kompass (act)	510	0,0	359,0	°
Puffer ‘1’				
Windgeschwindigkeit (act)	410	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (min)	430	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (vct)	490	0,0	167,8	mph
Windqualität	805	0,0	100,0	%
Puffer ‘2’				
Windrichtung (min)	520	0,0	359,9	°
Windrichtung (max)	540	0,0	359,9	°
Windrichtung korr. (act)	502	0,0	359,9	°

19.6.4.6 Pufferbelegung Basisdaten WS501-UMB, WS502-UMB, WS503-UMB, WS504-UMB

Gerät für Messgrößen in metrischen Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Lufttemperatur (act)	100	-50,0	60,0	°C
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Rel. Luftdruck	305	300,0	1200,0	hPa
Windgeschwindigkeit (avg)	460	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (max)	440	0,0	75,0	m/s
Puffer '1'				
Windrichtung (vct)	580	0,0	359,9	°
Globalstrahlung (act)	900	0,0	1400,0	W/m²
Taupunkt (act)	110	-50,0	60,0	°C
Wind-Chill Temperatur (act)	111	-60,0	70,0	°C
Puffer '2'				
Windgeschwindigkeit (act)	400	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (min)	420	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (vct)	480	0,0	75,0	m/s
Windqualität	805	0,0	100,0	%
Puffer '3'				
Windrichtung (act)	500	0,0	359,9	°
Feuchtkugeltemperatur (act)	114	-50,0	60,0	°C
Spezifische Enthalpie (act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg
Puffer '4'				
Globalstrahlung (min)	920	0.0	1400.0	W/m²
Globalstrahlung (max)	940	0.0	1400.0	W/m²
Globalstrahlung (avg)	960	0.0	1400.0	W/m²

Beispiel: Abfrage Puffer '0'

0D0!

0+13.5+85.7+1017+2.5+3.7<CR><LF>

Lufttemperatur 13,5°C, rel. Luftfeuchte 85,7%, rel. Luftdruck 1017hPa, mittlere Windgeschwindigkeit 2,5m/s, Spitzen-Windgeschwindigkeit 3,7m/s

Gerät für Messgrößen in US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer ‘0’				
Lufttemperatur (act)	105	-58,0	140,0	°F
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Rel. Luftdruck	305	300.0	1200.0	hPa
Windgeschwindigkeit (avg)	470	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (max)	450	0,0	167,8	mph
Puffer ‘1’				
Windrichtung (vct)	580	0,0	359,9	°
Globalstrahlung (act)	900	0,0	1400,9	W/m²
Taupunkt (act)	115	-58,0	14,0	°F
Wind-Chill Temperatur (act)	116	-76,0	158,0	°F
Puffer ‘2’				
Windgeschwindigkeit (act)	410	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (min)	430	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (vct)	490	0,0	167,8	mph
Windqualität	805	0,0	100,0	%
Puffer ‘3’				
Windrichtung (act)	500	0,0	359,9	°
Feuchtkugeltemperatur (act)	119	-58,0	140,0	°F
Spezifische Enthalpie (act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg
Puffer ‘4’				
Globalstrahlung (min)	920	0	1400	W/m²
Globalstrahlung (max)	940	0	1400	W/m²
Globalstrahlung (avg)	960	0	1400	W/m²

19.6.4.7 Pufferbelegung Basisdaten WS301-UMB,WS302-UMB,WS303-UMB,WS304-UMB

Gerät für Messgrößen in metrischen Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Lufttemperatur (act)	100	-50,0	60,0	°C
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Taupunkt (act)	110	-50,0	60,0	°C
Globalstrahlung(act)	900	0	1400	W/m²
Rel. Luftdruck(act)	305	300,0	1200,0	hPa
Puffer '1'				
Lufttemperatur (min)	120	-50,0	60,0	°C
Lufttemperatur (max)	140	-50,0	60,0	°C
Lufttemperatur (avg)	160	-50,0	60,0	°C
Rel. Luftfeuchte (avg)	260	0,0	100,0	%
Puffer '2'				
Rel. Luftfeuchte (min)	220	0,0	100,0	%
Rel. Luftfeuchte (max)	240	0,0	100,0	%
Rel. Luftdruck(min)	325	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(max)	345	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(avg)	365	300,0	1200,0	hPa
Puffer '3'				
Abs. Luftfeuchte (act)	205	0,0	1000,0	g/m³
Feuchtkugeltemperatur (act)	114	-50,0	60,0	°C
Spezifische Enthalpie (act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg
Puffer '4'				
Globalstrahlung(min)	920	0	1400	W/m²
Globalstrahlung (max)	940	0	1400	W/m²
Globalstrahlung (avg)	960	0	1400	W/m²

Beispiel: Abfrage Puffer '0'

0D0!

0+13.5+85.7+11.2+1017.0+780.0

Lufttemperatur 13,5°C, rel. Luftfeuchte 85,7%, Taupunkt 11,2°C, rel. Luftdruck 1017hPa, Globalstrahlung 780W/m²

Gerät für Messgrößen in US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer ‘0’				
Lufttemperatur (act)	105	-58,0	140,0	°F
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Taupunkt (act)	115	-58,0	14,0	°F
Globalstrahlung(act)	900	0	1400	W/m²
Rel. Luftdruck	305	300,0	1200,0	hPa
Puffer ‘1’				
Lufttemperatur (min)	125	-58,0	140,0	°F
Lufttemperatur (max)	145	-58,0	140,0	°F
Lufttemperatur (avg)	165	-58,0	140,0	°F
Rel. Luftfeuchte (avg)	260	0,0	100,0	%
Puffer ‘2’				
Rel. Luftfeuchte (min)	220	0,0	100,0	%
Rel. Luftfeuchte (max)	240	0,0	100,0	%
Rel. Luftdruck(min)	325	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(max)	345	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(avg)	365	300,0	1200,0	hPa
Puffer ‘3’				
Abs. Luftfeuchte (act)	205	0,0	1000,0	g/m³
Feuchtkugeltemperatur (act)	119	-58,0	140,0	°F
Spezifische Enthalpie (act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg
Puffer ‘4’				
Globalstrahlung(min)	920	0	1400	W/m²
Globalstrahlung (max)	940	0	1400	W/m²
Globalstrahlung (avg)	960	0	1400	W/m²

19.6.4.8 Pufferbelegung Basisdaten WS601-UMB

Gerät für Messgrößen in metrischen Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Lufttemperatur (act)	100	-50,0	60,0	°C
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Rel. Luftdruck	305	300,0	1200,0	hPa
Windgeschwindigkeit (avg)	460	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (max)	440	0,0	75,0	m/s
Puffer '1'				
Windrichtung (vct)	580	0,0	359,9	°
Blattnässe-Zustand (act)	711	0 / 1		
Niederschlagsart	700	0, 40		
Niederschlagsintensität	820	0,0	200,0	mm/h
Puffer '2'				
Taupunkt (act)	110	-50,0	60,0	°C
Wind-Chill Temperatur (act)	111	-60,0	70,0	°C
Regenmenge differentiell	625	0,00	100000,00	mm
Puffer '3'				
Windgeschwindigkeit (act)	400	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (min)	420	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (vct)	480	0,0	75,0	m/s
Feuchtkugeltemperatur (act)	114	-50,0	60,0	°C
Puffer '4'				
Windrichtung (act)	500	0,0	359,9	°
Windrichtung (min)	520	0,0	359,9	°
Windrichtung (max)	540	0,0	359,9	°
Spezifische Enthalpie (act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg

Beispiel: Abfrage Puffer '0'

0D0!

0+13.5+85.7+1017+2.5+3.7<CR><LF>

Lufttemperatur 13,5°C, rel. Luftfeuchte 85,7%, Luftdruck 1017hPa, mittlere Windgeschwindigkeit 2,5m/s, Spitzen-Windgeschwindigkeit 3,7m/s

Gerät für Messgrößen in US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer ‘0’				
Lufttemperatur (act)	105	-58,0	140,0	°F
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Rel. Luftdruck	305	300,0	1200,0	hPa
Windgeschwindigkeit (avg)	470	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (max)	450	0,0	167,8	mph
Puffer ‘1’				
Windrichtung (vct)	580	0,0	359,9	°
Blattnässe-Zustand (act)	711	0 / 1		
Niederschlagsart	700	0, 40		
Niederschlagsintensität	840	0,000	7,874	in/h
Puffer ‘2’				
Taupunkt (act)	115	-58,0	14,0	°F
Wind-Chill Temperatur (act)	116	-76,0	158,0	°F
Regenmenge differentiell	645	0,0000	3937,0000	in
Puffer ‘3’				
Windgeschwindigkeit (act)	410	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (min)	430	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (vct)	490	0,0	167,8	mph
Feuchtkugeltemperatur (act)	119	-58,0	140,0	°F
Puffer ‘4’				
Windrichtung (act)	500	0,0	359,9	°
Windrichtung (min)	520	0,0	359,9	°
Windrichtung (max)	540	0,0	359,9	°
Spezifische Enthalpie. (act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg

19.6.4.9 Pufferbelegung Basisdaten WS401-UMB

Gerät für Messgrößen in metrischen Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer ‘0’				
Lufttemperatur (act)	100	-50,0	60,0	°C
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Taupunkt (act)	110	-50,0	60,0	°C
Blattnässe-Zustand (act)	711	0 / 1		
Rel. Luftdruck(act)	305	300,0	1200,0	hPa
Puffer ‘1’				
Niederschlagsart	700	0, 40		
Niederschlagsintensität	820	0,0	200,0	mm/h
Regenmenge differentiell	625	0,00	100000,00	mm
Regenmenge absolut	620	0,0	100000,0	mm
Puffer ‘2’				
Lufttemperatur (min)	120	-50,0	60,0	°C
Lufttemperatur (max)	140	-50,0	60,0	°C
Lufttemperatur (avg)	160	-50,0	60,0	°C
Rel. Luftfeuchte (min)	220	0,0	100,0	%
Rel. Luftfeuchte (max)	240	0,0	100,0	%
Puffer ‘3’				
Rel. Luftfeuchte (avg)	260	0,0	100,0	%
Rel. Luftdruck(min)	325	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(max)	345	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(avg)	365	300,0	1200,0	hPa
Feuchtkugeltemperatur (act)	114	-50,0	60,0	°C
Spezifische Enthalpie (act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg

Beispiel: Abfrage Puffer ‘0’

0D0!

```
0+13.5+85.7+11.2+1017.0+1001.0
```

Lufttemperatur 13,5°C, rel. Luftfeuchte 85,7%, Taupunkt 11,2°C,rel. Luftdruck 1017hPa, abs. Luftdruck 1001hPa

Gerät für Messgrößen in US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer ‘0’				
Lufttemperatur (act)	105	-58,0	140,0	°F
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Taupunkt (act)	115	-58,0	14,0	°F
Blattnässe-Zustand (act)	711	0 / 1		
Rel. Luftdruck	305	300,0	1200,0	hPa
Puffer ‘1’				
Niederschlagsart	700	0, 40		
Niederschlagsintensität	840	0,000	7,874	in/h
Regenmenge differentiell	645	0,0000	3937,0000	in
Regenmenge absolut	640	0,000	3937,000	in
Puffer ‘2’				
Lufttemperatur (min)	125	-58,0	140,0	°F
Lufttemperatur (max)	145	-58,0	140,0	°F
Lufttemperatur (avg)	165	-58,0	140,0	°F
Rel. Luftfeuchte (min)	220	0,0	100,0	%
Rel. Luftfeuchte (max)	240	0,0	100,0	%
Puffer ‘3’				
Rel. Luftfeuchte (avg)	260	0,0	100,0	%
Rel. Luftdruck(min)	325	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(max)	345	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(avg)	365	300,0	1200,0	hPa
Feuchtkugeltemperatur (act)	119	-58,0	140,0	°F
Spezifische Enthalpie (act)	215	-100.0	1000.0	kJ/kg

19.6.4.10 Pufferbelegung Basisdaten im Energiesparmodus 2 (alle Modelle)

Gerät für Messgrößen in metrischen Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Lufttemperatur (act)	100	-50,0	60,0	°C
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Regenmenge differentiell	625	0,00	100000,00	mm
Rel. Luftdruck(act)	305	300,0	1200,0	hPa
Windgeschwindigkeit (act)	400	0,0	75,0	m/s
Puffer '1'				
Windrichtung (act)	500	0,0	359,9	°
Globalstrahlung	900	0,0	1400,0	W/m^2
Blattnässe-Zustand (act)	711	0 / 1		
Externe Temperatur	101	-20,0	80,0	°C
Puffer '2'				
Regenmenge absolut	620	0,0	100000,0	mm
Taupunkt (act)	110	-50,0	60,0	°C
Abs. Luftfeuchte (act)	205	0,0	1000,0	g/m^3
Mischungsverhältnis(act)	210	0,0	1000,0	g/kg
Abs. Luftdruck(act)	300	300,0	1200,0	hPa
Puffer '3'				
Feuchtkugeltemperatur (act)	114	-50,0	60,0	°C
Spezifische Enthalpie (act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg
Luftdichte	310	0,000	3,000	kg/m3
Kompass (act)	510	0,0	359,0	°

Beispiel: Abfrage Puffer '0'

0D0!

```
0+13.5+85.7+0.2+1017.0+1.8
```

Lufttemperatur 13,5°C, rel. Luftfeuchte 85,7%, Niederschlag 0,2mm, rel. Luftdruck 1017hPa, Windgeschwindigkeit1,8m/s

Gerät für Messgrößen in US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer ‘0’				
Lufttemperatur (act)	105	-58,0	140,0	°F
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Regenmenge differentiell	645	0,0000	3937,0000	in
Rel. Luftdruck(act)	305	300,0	1200,0	hPa
Windgeschwindigkeit (act)	410	0,0	167,8	mph
Puffer ‘1’				
Windrichtung (act)	500	0,0	359,9	°
Globalstrahlung	900	0,0	1400,0	W/m^2
Blattnässe-Zustand (act)	711	0 / 1		
Externe Temperatur	106	-4,0	176,0	°F
Puffer ‘2’				
Regenmenge absolut	640	0,000	3937,000	in
Taupunkt (act)	115	-58,0	140,0	°F
Abs. Luftfeuchte (act)	205	0,0	1000,0	g/m^3
Mischungsverhältnis(act)	210	0,0	1000,0	g/kg
Abs. Luftdruck(act)	300	300,0	1200,0	hPa
Puffer ‘3’				
Feuchtkugeltemperatur (act)	119	-58,0	140,0	°F
Spezifische Enthalpie (act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg
Luftdichte	310	0,000	3,000	kg/m3
Kompass (act)	510	0,0	359,0	°

19.6.5 Zusätzliche Messbefehle

Mit den zusätzlichen Messbefehlen

aM1! … aM6!

aMC1! … aMC6! (M-Befehl, Datenübertragung mit CRC)

aC1! … aC6!

aCC1! … aCC6! (C-Befehl, Datenübertragung mit CRC)

werden die kompletten Daten der Kompaktwetterstation, wie sie für das UMB-Protokoll definiert sind, auch in der SDI-12 Umgebung bereitgestellt.

Die Messwerte sind nach Sensor-Typ gruppiert.

Wie bei den Basisdaten können auch bei den zusätzlichen Messbefehlen mit einem M-Befehl höchstens 9 Messwerte abgerufen werden, mit den C-Befehlen stehen 20 Plätze zur Verfügung.

Die im Folgenden dokumentierte Pufferbelegung ist daher so strukturiert, dass mit dem jeweiligen M-Befehl die Puffer D0 und D1 belegt werden. Wenn für die Sensorart mehr Messwerte verfügbar sind, werden mit dem entsprechenden C-Befehl auch die Puffer D2 bis ggfs. D4 belegt.

M1 / C1	Temperatur	M: 8 Messwerte	C: 8 Messwerte
M2 / C2	Feuchte	M: 8 Messwerte	C: 12 Messwerte
M3 / C3	Luftdruck	M: 8 Messwerte	C: 8 Messwerte
M4 / C4	Wind	M: 9 Messwerte	C: 12 Messwerte
M5 / C5	Kompass	M: 1 Messwert	C: 1 Messwert
M6 / C6:	Niederschlag, Blattnässe	M: 9 Messwerte	C: 9 Messwerte
M7 / C7	Globalstrahlung	M: 4 Messwerte	C: 4 Messwerte

Wenn die mit dem jeweiligen Messbefehl angeforderte Sensorart für die eingesetzte Variante der Kompaktwetterstation (WS200-UMB … WS600-UMB) nicht zur Verfügung steht, wird der Messbefehl mit

`a0000<CR><LF>` bzw.

`a00000<CR><LF>`

19.6.5.1 Pufferbelegung zusätzliche Messdaten M1 / C1: Temperatur

Gerät für Messgrößen in metrischen Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer ‘0’				
Lufttemperatur (act)	100	-50,0	60,0	°C
Lufttemperatur (min)	120	-50,0	60,0	°C
Lufttemperatur (max)	140	-50,0	60,0	°C
Lufttemperatur (avg)	160	-50,0	60,0	°C
Taupunkt (act)	110	-50,0	60,0	°C
Puffer ‘1’				
Taupunkt (min)	130	-50,0	60,0	°C
Taupunkt (max)	150	-50,0	60,0	°C
Taupunkt (avg)	170	-50,0	60,0	°C
Feuchtkugeltemperatur (act)	114	-50,0	60,0	°C

Beispiel: Abfrage mit M Befehl

0M1!

00008<CR><LF>

0D0!

0+12.5+10.7+13.5+11.8+5.3<CR><LF>

0D1!

0+4.2+5.9+5.6+9.8<CR><LF>

Gerät für Messgrößen in US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer ‘0’				
Lufttemperatur (act)	105	-58,0	140,0	°F
Lufttemperatur (min)	125	-58,0	140,0	°F
Lufttemperatur (max)	145	-58,0	140,0	°F
Lufttemperatur (avg)	165	-58,0	140,0	°F
Taupunkt (act)	115	-58,0	140,0	°F
Puffer ‘1’				
Taupunkt (min)	135	-58,0	140,0	°F
Taupunkt (max)	155	-58,0	140,0	°F
Taupunkt (avg)	175	-58,0	140,0	°F
Feuchtkugeltemperatur (act)	119	-58,0	140,0	°F

19.6.5.2 Pufferbelegung zusätzliche Messdaten M2 / C2: Feuchte

Gerät für Messgrößen in metrischen oder US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Rel. Luftfeuchte (act)	200	0,0	100,0	%
Rel. Luftfeuchte (min)	220	0,0	100,0	%
Rel. Luftfeuchte (max)	240	0,0	100,0	%
Rel. Luftfeuchte (avg)	260	0,0	100,0	%
Puffer '1'				
Abs. Luftfeuchte (act)	205	0,0	1000,0	g/m³
Abs. Luftfeuchte (min)	225	0,0	1000,0	g/m³
Abs. Luftfeuchte (max)	245	0,0	1000,0	g/m³
Abs. Luftfeuchte (avg)	265	0,0	1000,0	g/m³
Spezifische Enthalpie (act)	215	-100,0	1000,0	kJ/kg
Puffer '2'				
Mischungsverhältnis(act)	210	0,0	1000,0	g/kg
Mischungsverhältnis (min)	230	0,0	1000,0	g/kg
Mischungsverhältnis (max)	250	0,0	1000,0	g/kg
Mischungsverhältnis (avg)	270	0,0	1000,0	g/kg

Beispiel: Abfrage mit M Befehl

0M2!
00008<CR><LF>
0D0!
0+48.5+48.2+48.8+48.5<CR><LF>
0D1!
0+5.7+5.5+5.9+5.7+29.3<CR><LF>

Beispiel: Abfrage mit C Befehl

0C2!
000012<CR><LF>
0D0!
0+48.5+48.2+48.8+48.5<CR><LF>
0D1!
0+5.7+5.5+5.9+5.7+29.3<CR><LF>
0D2!
0+4.6+4.4+5.0+4.6<CR><LF>

19.6.5.3 Pufferbelegung zusätzliche Messdaten M3 / C3: Luftdruck

Gerät für Messgrößen in metrischen oder US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Abs. Luftdruck(act)	300	300,0	1200,0	hPa
Abs. Luftdruck(min)	320	300,0	1200,0	hPa
Abs. Luftdruck(max)	340	300,0	1200,0	hPa
Abs. Luftdruck(avg)	360	300,0	1200,0	hPa
Luftdichte	310	0,000	3,000	kg/m3
Puffer '1'				
Rel. Luftdruck(act)	305	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(min)	325	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(max)	345	300,0	1200,0	hPa
Rel. Luftdruck(avg)	365	300,0	1200,0	hPa

Beispiel: Abfrage mit M Befehl

0M3!
00009<CR><LF>
0D0!
0+1001.0+1000.0+1002.0+1001.0+1.119<CR><LF>
0D1!
0+1017.0+1016.0+1018.0+1017.0<CR><LF>

Beispiel: Abfrage mit C Befehl

0C3!
000009<CR><LF>
0D0!
0+1001.0+1000.0+1002.0+1001.0+1.119<CR><LF>
0D1!
0+1017.0+1016.0+1018.0+1017.0<CR><LF>

19.6.5.4 Pufferbelegung zusätzliche Messdaten M4 / C4: Wind

Gerät für Messgrößen in metrischen Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Windgeschwindigkeit (act)	400	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (min)	420	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (max)	440	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (avg)	460	0,0	75,0	m/s
Windgeschwindigkeit (vct)	480	0,0	75,0	m/s
Puffer '1'				
Windrichtung (act)	500	0,0	359,9	°
Windrichtung (min)	520	0,0	359,9	°
Windrichtung (max)	540	0,0	359,9	°
Windrichtung (vct)	580	0,0	359,9	°
Puffer '2'				
Windrichtung korr. (act)	502	0,0	359,9	°
Windqualität	805	0,0	100,0	%
Wind-Chill Temperatur (act)	111	-60,0	70,0	°C
Windgeschw. Standardabw.	403	0,0	75,0	m/s
Windrichtung Standardabw.	503	0,0	359,9	°

Gerät für Messgrößen in US Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Windgeschwindigkeit (act)	410	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (min)	430	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (max)	450	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (avg)	470	0,0	167,8	mph
Windgeschwindigkeit (vct)	490	0,0	167,8	mph
Puffer '1'				
Windrichtung (act)	500	0,0	359,9	°
Windrichtung (min)	520	0,0	359,9	°
Windrichtung (max)	540	0,0	359,9	°
Windrichtung (vct)	580	0,0	359,9	°
Puffer '2'				
Windrichtung korr. (act)	502	0,0	359,9	°
Windqualität	805	0,0	100,0	%
Wind-Chill Temperatur (act)	116	-76,0	158,0	°F
Windgeschw. Standardabw.	413	0,0	167,8	mph
Windrichtung Standardabw.	503	0,0	359,0	°

19.6.5.5 Pufferbelegung zusätzliche Messdaten M5 / C5: Kompass

Gerät für Messgrößen in metrischen oder US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Kompass (act)	510	0,0	359,0	°

Beispiel: Abfrage mit M Befehl

0M5!

00001<CR><LF>

0D0!

0+348.0<CR><LF>

Beispiel: Abfrage mit C Befehl

0C5!

000001<CR><LF>

0D0!

0+348.0<CR><LF>

19.6.5.6 Pufferbelegung zusätzliche Messdaten M6 / C6: Niederschlag und Blattnässe

Gerät für Messgrößen in metrischen Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Regenmenge absolut	620	0,0	100000,0	mm
Regenmenge differentiell	625	0,00	100000,00	mm
Niederschlagsintensität	820	0,0	200,0	mm/h
Niederschlagsart	700	0, 60, 70		
Puffer '1'				
Blattnässe mV (act)	710	0,0	1500,0	mV
Blattnässe mV (min)	730	0,0	1500,0	mV
Blattnässe mV (max)	750	0,0	1500,0	mV
Blattnässe mV (avg)	770	0,0	1500,0	mV
Blattnässe-Zustand	711	0 / 1		

Beispiel: Abfrage mit M Befehl

0M6!

00009<CR><LF>

0D0!

0+1324.5+1.10+4.4+60<CR><LF>

0D1!

0+603.5+562.4+847.4+623.8+1<CR><LF>

Gerät für Messgrößen in US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Regenmenge absolut	640	0,000	3937,000	in
Regenmenge differentiell	645	0,0000	3937,0000	in
Niederschlagsintensität	840	0,000	7,874	in/h
Niederschlagsart	700	0, 60, 70		
Puffer '1'				
Blattnässe mV (act)	710	0,0	1500,0	mV
Blattnässe mV (min)	730	0,0	1500,0	mV
Blattnässe mV (max)	750	0,0	1500,0	mV
Blattnässe mV (avg)	770	0,0	1500,0	mV
Blattnässe-Zustand	711	0 / 1		

19.6.5.7 Pufferbelegung zusätzliche Messdaten M7 / C7: Globalstrahlung

Gerät für Messgrößen in metrischen oder US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Globalstrahlung (act)	900	0,0	1400,0	W/m²
Globalstrahlung (min)	920	0,0	1400,0	W/m²
Globalstrahlung (max)	940	0,0	1400,0	W/m²
Globalstrahlung (avg)	960	0,0	1400,0	W/m²

Beispiel: Abfrage mit M Befehl

0M7!

00004<CR><LF>

0D0!

0+780.0+135.0+920.0+530.0<CR><LF>

19.6.5.8 Pufferbelegung zusätzliche Messdaten M8 / C8: Externer Temperatursensor

Gerät für Messgrößen in metrischen Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Externe Temperatur (act)	101	-40,0	+80,0	°C

Beispiel: Abfrage mit M Befehl

0M8!

00001<CR><LF>

0D0!

0+13.5<CR><LF>

Gerät für Messgrößen in US-Einheiten konfiguriert:

Messgröße	UMB-Kanal	Min	Max	Einheit
Puffer '0'				
Externe Temperatur (act)	106	-40,0	+176,0	°F

19.6.6 Telegramm Geräteidentifikation

Die Abfrage der Geräteidentifikation wird mit folgendem Telegramm beantwortet (Beispiel für SDI-12 Geräteadresse ‘0’:

0I!

013Lufft.deWSx00ynnn

x: Gerätetyp (4, 5, 6, 2, 3)

y: Metrische / US-Einheiten (m = metrisch, u = US)

nnn: Softwareversion

also für eine WS600-UMB, eingestellt auf US-Einheiten:

0I!

013Lufft.deWS600u022

19.6.7 Telegramm Verifikation

Der Befehl Verifikation aV! wird genutzt, um Statusinformationen des Gerätes zu ermitteln. Die Abfrage wird mit

a0005<CR<LF>

beantwortet, d.h. es stehen 5 Messwerte in den Puffern zur Verfügung.

Die ersten 3 “Messwerte”, übertragen im Puffer 0, enthalten die Statusinformationen der Messkanäle des Gerätes.

Die Statusdaten der Kanäle sind zu „Pseudo-Messwerten“ zusammengefasst, wobei jede Ziffer einen Status darstellt. Die Kodierung der Zustände ist unten aufgeführt. Im allgemeinen hat jeder Sensor zwei Statuswerte, einen für den direkten Messwert und einen für den Messwertpuffer, der für die Mittelung und die Ermittlung der Minima und Maxima dient.

Die letzten beiden Messwerte, übertragen im Puffer 1, geben die Heizungstemperaturen des Wind- und des Regensensors an.

Puffer ‘0’				
StatusGruppe 1: +nnnn	Lufttemperatur, Lufttemperatur-Puffer, Taupunkt, Taupunkt-Puffer			
StatusGruppe 1: +nnnnnn (nur WS401 / WS601)	Lufttemperatur, Lufttemperatur-Puffer, Taupunkt, Taupunkt-Puffer, Blattnässe, Blattnässe-Puffer			
Status Gruppe 2: +nnnnnn	Rel.-Feuchte-Status, Rel.-Feuchte-Puffer-Status, Abs.-Feuchte-Status, Abs.-Feuchte-Puffer-Status, Mixing-Ratio-Status, Mixing-Ratio-Puffer-Status			
Status Gruppe 3: +nnnnnn	Luftdruck-Status, Luftdruck-Puffer-Status, Wind-Status, Wind-Puffer-Status, Kompass-Status, Niederschlag-Status (bei WS301/501 wird anstelle des Niederschlag-Status der Status des Globalstrahlungs-Sensors angezeigt)			
Puffer ‘1’, Gerät für metrische Einheiten konfiguriert				
Messgröße	UMB-Kanal	min	max	Einheit
Heizungstemp. Windsensor	112	-50	+150	°C
Heizungstemp. Regensensor	113	-50	+150	°C
Puffer ‘1’, Gerät für US Einheiten konfiguriert				
Heizungstemp. Windsensor	117	-58	+302	°F
Heizungstemp. Regensensor	118	-58	+302	°F

Kodierung des Sensorstatus:

Sensorzustand	Code
OK	0
UNGLTG_KANAL	1
E2_CAL_ERROR E2_CRC_KAL_ERR FLASH_CRC_ERR FLASH_WRITE_ERR FLASH_FLOAT_ERR	2
MEAS_ERROR	3
MEAS_UNABLE	4
INIT_ERROR	5
VALUE_OVERFLOW CHANNEL_OVERRANGE	6
VALUE_UNDERFLOW CHANNEL_UNDERRANGE	7
BUSY	8
Anderer Sensorzustand	9

Beispiel (WS600, SDI-12 Adresse ‘0’, fehlerfrei):

0V!
00005<CR><LF>
0D0!
0+0000+000000+000000<CR><LF>
0D1!
0+73.0+65.3<CR><LF>

Beispiel (WS600, SDI-12 Adresse ‘0’, Kompass ausgefallen):

0V!
00005<CR><LF>
0D0!
0+0000+000000+000030<CR><LF>
0D1!
0+73.0+65.3<CR><LF>

19.6.8 Befehl Wechsel des Einheitensystems

Der Befehl dient zum Wechsel des für die Darstellung der SDI-12 Daten benutzten Einheitensystems zwischen metrischen und US-Einheiten. Der Befehl ist als X Befehl implementiert.

Befehl: aXU<u/m>!

Antwort: aU<u/m><CR><LF>

u: US-Einheiten

m: metrische Einheiten

Beispiel Wechsel zu metrischen Einheiten

0XUm!

0Um<CR><LF>

19.6.9 Befehl zum Einstellen des Mittelungs-Intervalls

Die avg, min, max und vct Werte der Messgrößen werden über ein gleitendes Intervall mit einer Länge von 1 … 10min gebildet. Die Länge dieses Intervalls ist für die Gruppen Temperatur/Feuchte, Luftdruck und Wind getrennt einstellbar. (Für Niederschlag und Kompass wird der Mittelungs-Algorithmus nicht angewendet).

Befehl: aXA<t/p/w/r>+nn!

t : Temperatur und Feuchte

p: Luftdruck

w: Wind

r: Globalstrahlung

nn: Intervall in Minuten, gültige Werte: 1 bis 10

Antwort: aXA<t/p/w/r>+nn<CR><LF>

Die Angabe einer unzulässigen Intervall-Länge wird mit

aXAf<CR><LF>

beantwortet.

Beispiel: Einstellung des Mittelungs-Intervall für Temperatur und Feuchte auf 5 Minuten

0XAt+5!

0XAt+5<CR><LF>

19.6.10 Befehl zum Einstellen der Ortshöhe

Für die Berechnung des relativen Luftdrucks wird die Ortshöhe (Höhe über dem Meeresspiegel) des Gerätes benötigt.

Befehl: aXH+nnnn!

nnnn: Ortshöhe des Sensors in m

Antwort: aXH+nnnn<CR><LF>

Die Angabe einer unzulässigen Ortshöhe (-100 < Ortshöhe < 5000) wird mit

aXHf<CR><LF>

beantwortet.

Beispiel: Die Höhe des Montageortes beträgt 135m über NN

0XH+135!

0XH+135<CR><LF>

19.6.11 Befehl zum Einstellen der magnetischen Missweisung

Für exakte Kompasswerte muss die lokale magnetische Missweisung gesetzt werden.

Befehl: aXD+nnn.n!

nnn.n: magnetische Missweisung am Installationsort in ° *)

Antwort: aXD+nnn.n<CR><LF>

Die Angabe einer unzulässigen Missweisung (-180.0 < Missweisung < 180.0) wird mit

aXDf<CR><LF>

beantwortet.

Beispiel: Die Missweisung am Montageort beträgt -5.3°

0XD-5.3!

0XD-5.3<CR><LF>

*) Die Werte der magnetischen Missweisung sind auf diversen Webseiten verfügbar, z.B. http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination

19.6.12 Befehl zum Aktivieren / Deaktivieren der Kompasskorrektur

Die Korrektur der Windrichtung mit Hilfe des integriertes Kompasses kann mit diesem Befehl aktiviert oder deaktiviert werden.

Befehl: aXW<c/u>!

c: Windrichtung wird entsprechend der Kompassrichtung korrigiert

u: Windrichtung wird nicht korrigiert

Antwort: aX XW<c/u><CR><LF>

Die Angabe einer unzulässigen Option wird mit

aXWf<CR><LF>

beantwortet.

Beispiel: Kompasskorrektur wird aktiviert

0XWc!

0XWc<CR><LF>

19.6.13 Befehl zum Einstellen des Energiesparmodus

Für Installationen mit begrenzter Energieversorgung kann die Kompaktwetterstation im Energiesparmodus betrieben werden (s. Kap. 10.4).

Hinweis: Im Energiesparmodus bestehen Funktionseinschränkungen!

Befehl: aXL<n/s/w>!

n: Normalbetrieb

s: Energiesparmodus 1 (Heizung/Lüfter aus)

w: Energiesparmodus 2 (Schlafmodus)

Antwort: aXL<n/s/w><CR><LF>

Anschließend erfolgt ein Stationsreset, d.h. die Station ist für einige Sekunden nicht erreichbar.

Die Auswahl einer unzulässigen Option, oder einer unzulässigen Kombination von Modus und Gerätemodell wird mit

aXLf<CR><LF>

beantwortet.

Beispiel: Die Station soll in den Energiesparmodus 2 gesetzt werden

0XLw!

0XLw<CR><LF>

19.6.14 Befehl zum Einstellen der Heizungs-Betriebsart

Die Beheizung des Regen- und des Windsensors kann in unterschiedlichen Betriebsarten konfiguriert werden (siehe 10.4). Abhängig von der installierten Variante der Kompakt-Wetterstation (WS200-UMB … WS600-UMB) sind nur bestimmte Kombinationen von Betriebsarten zulässig. Die Station ermittelt die zulässige Kombination aus der im Befehl für die Station gesetzten Betriebsart selbsttätig.

Befehl: `aXMn!`

n: Heizungsbetriebsart (0: Automatik, 1: Mode 1, 2: Aus, 3: Eco Mode 1)

Antwort: `aXMnm<CR><LF>`

n: gesetzte Heizungs-Betriebsart Windsensor

m: gesetzte Heizungs-Betriebsart Regensensor

Die Angabe einer ungültigen Betriebsart wird mit

`aXMf<CR><LF>`

beantwortet.

Beispiel: Eine WS400-UMB soll in Mode 1 gesetzt werden

`0XM1!`

`0XM21<CR><LF>`

Da die WS400-UMB keinen Windsensor hat, wird die Heizungs-Betriebsart Wind automatisch auf 2 (= Aus) gesetzt.

19.6.15 Befehl zum Einstellen des Blattnässe-Schwellwertes

Über den einzustellenden Parameter wird bestimmt, bei welchem Spannungswert des Blattnässe-Sensors (Nur WS401-UMB und WS601-UMB, s. S. 58) der Blattnässe-Zustand zwischen 0 und 1 wechselt. Im SDI12-Betrieb wird der zur Ermittlung des Einstellwertes benötigte Spannungswert mit dem Befehl aM6! (s. S. 105) abgerufen.

Befehl: `aXB+nnn.n!`

nnn.n: Schwellwert für Blattnässe-Zustand in mV

Antwort: `aXB+nnn.n<CR><LF>`

Die Angabe eines unzulässigen Schwellwerts (200.0 <= Schwellwert <= 1200.0) wird mit

`aXBf<CR><LF>`

beantwortet.

Beispiel: Die gemessene Blattnässespannung im trockenen Zustand beträgt 613mV. Die empfohlene Einstellung des Schwellwerts ist 633mV:

`0XB+633.0!`

`0XB+633.0<CR><LF>`

19.6.16 Befehl zum Einstellen der Kippwaagen-Auflösung

Die Auflösung der Kippwaage von WS401-UMB und WS601-UMB, sowie einer ggfs. angeschlossenen externen Kippwaage bei anderen Modellen ohne integrierte Regenmessung kann mechanisch angepasst werden (s.S. 31). Die mechanische Auflösung muss in der Konfiguration des Sensors eingestellt werden.

Befehl: aXK+n!

n: Auflösung der Kippwaage in 1/10mm, zulässige Werte 1, 2, 5, 10 (0,1mm, 0,2mm, 0,5mm, 1,0mm)

Antwort: aXK+n<CR><LF>

Die Angabe einer unzulässigen Auflösung wird mit

aXKf<CR><LF>

beantwortet.

Beispiel: Die mechanische Auflösung der Kippwaage ist 0,2mm:

0XK+2!

0XK+2<CR><LF>

19.6.17 Befehl Absolute Regenmenge zurücksetzen

Der Befehl setzt die akkumulierte absolute Regenmenge auf 0,0mm zurück. Gleichzeitig wird ein Stations-Reset durchgeführt.

Befehl: aXC!

Antwort: aXCok<CR><LF>

Anschließend erfolgt der Reset, d.h. die Station ist für einige Sekunden nicht erreichbar

Beispiel:

0XC!

0XCok<CR><LF>

19.6.18 Befehl Stations-Reset

Der Befehl initiiert einen Stations-Reset.

Befehl: aXR!

Antwort: aXRok<CR><LF>

Anschließend erfolgt der Reset, d.h. die Station ist für einige Sekunden nicht erreichbar

Beispiel:

0XR!

0XRok<CR><LF>

19.7 Kommunikation im Modbus Modus

Um Einbindung von Kompaktwetterstationen der WS-Familie in SPS-Umgebungen zu erleichtern, wird die Kommunikation nach dem Modbus Protokoll zur Verfügung gestellt.

Die Messwerte werden auf Modbus Input-Register abgebildet. Es steht im Wesentlichen der gleiche Umfang an Messwerten zur Verfügung wie auch beim UMB-Protokoll, inklusive der Umsetzung auf verschiedene Einheitensysteme.

Im Interesse der sicheren Inbetriebnahme wurde auf die im eigentlichen Modbus-Standard nicht beschriebene Verwendung von Registerpaaren für Fließkomma- oder 32bit Integer Darstellung verzichtet, alle Messwerte werden durch entsprechende Skalierung ganzzahlig auf die 16bit Register abgebildet.

19.7.1 Modbus Kommunikationsparameter

Die WS-xxx können wahlweise für MODBUS-RTU oder MODBUS-ASCII konfiguriert werden.

Die Basis-Konfiguration erfolgt mit dem UMB-Config-Tool.

Wenn im UMB-Config-Tool MODBUS-RTU oder MODBUS-ASCII als Kommunikationsprotokoll gewählt wird, werden die Kommunikationsparameter auf 19200 Bd, gerade Parität, voreingestellt.

Modbus Betriebsarten:	MODBUS-RTU, MODBUS-ASCII
Baudrate:	19200 (9600, 4800 und kleiner)
Schnittstelleneinstellung	8E1, 8N1

Hinweis: Die Modbus-Kommunikation wurde mit einer Pollrate von 1 sec getestet. Für höhere Pollraten wird die einwandfreie Funktion der Kompaktwetterstation nicht garantiert.

Es wird empfohlen, die Pollrate auf 10sec oder langsamer zu setzen, da, mit Ausnahme der für Sonderfälle vorgesehenen Kanäle „Windgeschwindigkeit / Windrichtung schnell“, die Updaterate der Daten >= 10sec ist. Bei der überwiegenden Mehrheit der Wetterdaten sind signifikante Änderungen ohnehin eher im Minutenbereich zu erwarten.

19.7.2 Adressierung

Die Modbus-Adresse wird aus der UMB-Geräte-ID (s. Kap. 19.3.2) übernommen.

Ein Gerät mit der UMB-Geräte-ID 1 hat auch die Modbus-Adresse 1 usw..

Der gültige Modbus-Adressbereich ist mit 1 – 247 kleiner als der Bereich der UMB-Geräte-IDs. Wenn eine UMB-Geräte-ID > 247 eingestellt wurde, wird die Modbus-Adresse auf 247 gesetzt.

19.7.3 Modbus Funktionen

Die Funktionen der Conformance Class 0 und 1 sind implementiert, soweit sie in der WS-xxx anwendbar sind, d.h. alle Funktionen, die auf Registerebene arbeiten.

	Conformance Class 0	
0x03	Read Holding Registers	Ausgewählte Konfigurationseinstellungen
0x16	Write Multiple Registers	Ausgewählte Konfigurationseinstellungen
	Conformance Class 1	
0x04	Read Input Registers	Messwerte und Statusinformationen
0x06	Write Single Register	Ausgewählte Konfigurationseinstellungen
0x07	Read Exception Status	z.Z. nicht belegt
	Diagnostics	
0x11	Report Slave ID	(antwortet auch auf Broadcast Adresse)

19.7.3.1 Funktion 0x03 Read Holding Registers

Die Holding Register werden genutzt, um einen ausgewählten Satz von einstellbaren Parametern auch per Modbus zugänglich zu machen. Wie die Messwerte werden auch die Parameter ggfs. mit einem Skalierungsfaktor auf 16bit Integer-Werte abgebildet.

Reg. Nr.	Reg. Adr.	Funktion	Werte	Faktor
1	0	Ortshöhe	Ortshöhe in m, für die Berechnung des relativen Luftdrucks Wertebereich -100 … 5000	1.0
2	1	Missweisung	Örtliche Missweisung für die Korrektur der Kompass-Anzeige. Wertebereich -3599 … 3599 (entsprechend -359.9° … +359.9°)	10.0
3	2	Mittelungsintervall TFF	Intervall für die Mittelwertbildung und Min/Max-Ermittlung in Minuten Wertebereich 1 … 10	1.0
4	3	Mittelungsintervall Luftdruck	Intervall für die Mittelwertbildung und Min/Max-Ermittlung in Minuten Wertebereich 1 … 10	1.0
5	4	Mittelungsintervall Wind	Intervall für die Mittelwertbildung und Min/Max-Ermittlung in Minuten Wertebereich 1 … 10	1.0
6	5	Mittelungsintervall Globalstrahlung	Intervall für die Mittelwertbildung und Min/Max-Ermittlung in Minuten Wertebereich 1 … 10	1.0
7	6	Heizungsbetriebsart	High-Byte: Heizungsbetriebsart Wind Low-Byte Heizungsbetriebsart R2S Wertebereich in beiden Bytes jeweils 0 … 3 (Details s. 10.5)	
8	7	Reset Regenmenge	(Funktion nur beim Schreiben, beim Lesen immer 0)	
9	8	Stationsreset	(Funktion nur beim Schreiben, beim Lesen immer 0)	

Heizungsbetriebsarten (s. 10.5)

Automatik	0
Mode 1	1
Aus	2
Eco 1	3

19.7.3.2 Funktion 0x06 Write Holding Register, 0x10 Write Multiple Registers

Durch Schreiben in die Holding Register können ausgewählte Parameter der WSxxx auch über den Modbus eingestellt werden.

Registerzuordnung siehe19.7.3.1

Übertragene Werte werden auf Plausibilität geprüft. Unzulässige Werte werden nicht angenommen und mit einer Modbus Exception beantwortet.

Durch Schreiben des Wertes 0x3247 (12871d) in das Register Nr. 8 (Reg.Adr. 7) wird die gespeicherte absolute Regemenge auf 0 zurückgesetzt. Anschließend wird ein Reset des Gerätes durchgeführt.

Durch Schreiben des Wertes 0x3247 (12871d) in das Register Nr. 9 (Reg.Adr. 8) wird ein Reset des Gerätes ausgelöst.

19.7.3.3 Funktion 0x04 Read Input Registers

Die Input Register enthalten die Messwerte der Kompaktwetterstation sowie zugehörige Status-Informationen.

Die Messwerte werden durch Skalierung auf die 16bit Register abgebildet (0 … max. 65530 für vorzeichenlose Werte, -32762 … 32762 für vorzeichenbehaftete Werte).

Die Werte 65535 (0xffff) bzw. 32767 werden für die Anzeige von fehlerhaften oder nicht verfügbaren Messwerten benutzt. Eine genauere Spezifikation des Fehlers kann aus den Statusregistern (s. unten) ermittelt werden.

Die Zuordnung der Messwerte zu den verfügbaren Registeradressen (0 … 124) wurde so gewählt, dass der Anwender die üblichen Daten mit möglichst wenigen Register-Block-Abrufen (im Idealfall nur ein Abruf) auslesen kann.

Es wurden daher folgende Blöcke gebildet:

- Statusinformationen
- Übliche Messwerte, die unabhängig vom Einheitensystem (metrisch/US) sind
- Übliche Messwerte in metrischen Einheiten
- Übliche Messwerte in US-Einheiten
- Weitere Messwerte

Für metrische Einheiten können dann die ersten drei Blöcke mit einem Abruf alle normalerweise erforderlichen Daten zur Verfügung stellen.

Eine Unterscheidung der verschiedenen Typen in der WS-Familie wird bei der Registerzuordnung nicht gemacht. Ggfs. typabhängig nicht belegte Register melden den Fehler-Wert.

Informationen zu Messbereich, Einheiten usw. der Messwerte sind der Beschreibung der zugehörigen UMB-Kanäle zu entnehmen (Kap. 6 bzw. 19.1)

Reg. Nr.	**Reg. Adr.**	**Wert (UMB-Kanal)**	**Bereich**	**Skalierung, signed/unsigned, Anmerkungen**
		Statusinformationen		
1	0	Identifikation	High Byte: WS-Typ (2,3,4,5,6) Low Byte: Software-Version	
2	1	Gerätestatus		
3	2	Sensorstatus 1	Lufttemperatur-Puffer, Lufttemperatur, Taupunkt-Puffer, Taupunkt (high byte -> low byte, s. Tabelle unten)	Kodierung 4 bit pro Status, s. unten
4	3	Sensorstatus 2	Rel. Feuchte Puffer, Rel. Feuchte, Abs. Feuchte Puffer, Abs. Feuchte (high byte -> low byte, s. Tabelle unten)	Kodierung 4 bit pro Status, s. unten
5	4	Sensorstatus 3	Mixing-Ratio-Puffer, Mixing-Ratio, Luftdruck-Puffer, Luftdruck(high byte -> low byte, s. Tabelle unten)	Kodierung 4 bit pro Status, s. unten
6	5	Sensorstatus 4	Wind-Puffer, Wind, Niederschlag, Kompass(high byte -> low byte, s. Tabelle unten)	Kodierung 4 bit pro Status, s. unten
7	6	Sensorstatus 5	Globalstrahlung-Puffer, Globalstrahlung, Blattnässe-Puffer, Blattnässe (high byte -> low byte, s. Tabelle unten)	Kodierung 4 bit pro Status, s. unten
8	7	Sensorstatus 6	Externe Temperatur	Kodierung 4 bit pro Status, s. unten
9	8	Reserve		
10	9		Diagnose: Laufzeit in 10sec-Schritten	

Reg. Nr.	Reg. Adr.	Wert (UMB-Kanal)	Bereich	Skalierung, signed/unsigned, Anmerkungen
		Werte unabhängig vom Einheitensystem		
11	10	200	Relative Luftfeuchte (akt.)	Faktor 10, s
12	11	220	Relative Luftfeuchte (min.)	Faktor 10, s
13	12	240	Relative Luftfeuchte (max.)	Faktor 10, s
14	13	260	Relative Luftfeuchte (avg.)	Faktor 10, s
15	14	305	Rel. Luftdruck (akt.)	Faktor 10, s
16	15	325	Rel. Luftdruck (min.)	Faktor 10, s
17	16	345	Rel. Luftdruck (max.)	Faktor 10, s
18	17	365	Rel. Luftdruck (avg.)	Faktor 10, s
19	18	500	Windrichtung (akt.)	Faktor 10, s
20	19	520	Windrichtung (min.)	Faktor 10, s
21	20	540	Windrichtung (max.)	Faktor 10, s
22	21	580	Windrichtung (vct.)	Faktor 10, s
23	22	501	Windrichtung schnell	Faktor 10, s
24	23	502	Windrichtung Kompass korr.	Faktor 10, s
25	24	510	Kompass	Faktor 10, s
26	25	805	Niederschlagsart	Faktor 1, s
27	26	700	Windmessung Güte	Faktor 1, u
28	27	900	Globalstrahlung (akt)	Faktor 10, s
29	28	920	Globalstrahlung (min)	Faktor 10, s
30	29	940	Globalstrahlung (max)	Faktor 10, s
31	30	960	Globalstrahlung (avg)	Faktor 10, s

Reg. Nr.	Reg. Adr.	Wert (UMB-Kanal)	Bereich	Skalierung, signed/unsigned, Anmerkungen
		Werte in metrischen Einheiten		
32	31	100	Lufttemperatur °C (akt.)	Faktor 10, s
33	32	120	Lufttemperatur °C (min.)	Faktor 10, s
34	33	140	Lufttemperatur °C (max.)	Faktor 10, s
35	34	160	Lufttemperatur °C (avg.)	Faktor 10, s
36	35	110	Taupunkt °C (akt.)	Faktor 10, s
37	36	130	Taupunkt °C (min.)	Faktor 10, s
38	37	150	Taupunkt °C (max.)	Faktor 10, s
39	38	170	Taupunkt °C (avg.)	Faktor 10, s
40	39	111	Windchill-Temperatur °C	Faktor 10, s
41	40	112	Heizungstemperatur Wind °C	Faktor 10, s
42	41	113	Heizungstemperatur Regen °C	Faktor 10, s
43	42	400	Windgeschwindigkeit m/s (akt.)	Faktor 10, s
44	43	420	Windgeschwindigkeit m/s (min.)	Faktor 10, s
45	44	440	Windgeschwindigkeit m/s (max.)	Faktor 10, s
46	45	460	Windgeschwindigkeit m/s (avg.)	Faktor 10, s
47	46	480	Windgeschwindigkeit m/s (vct.)	Faktor 10, s
48	47	401	Windgeschw. schnell m/s	Faktor 10, s
49	48	620	Niederschlag abs. mm	Faktor 100, u, begrenzt auf 655.34mm
50	49	620	Niederschlag diff. mm	Faktor 100, u, begrenzt auf 100.00mm
51	50	820	Niederschlagsintens. mm/h	Faktor 100, u, begrenzt auf 200.00mm/h

Reg. Nr.	Reg. Adr.	Wert (UMB-Kanal)	Bereich	Skalierung, signed/unsigned, Anmerkungen
		Messwerte in US-Einheiten		
52	51	105	Lufttemperatur °F (akt.)	Faktor 10, s
53	52	125	Lufttemperatur °F (min.)	Faktor 10, s
54	53	145	Lufttemperatur °F (max.)	Faktor 10, s
55	54	165	Lufttemperatur °F (avg.)	Faktor 10, s
56	55	115	Taupunkt °F (akt.)	Faktor 10, s
57	56	135	Taupunkt °F (min.)	Faktor 10, s
58	57	155	Taupunkt °F (max.)	Faktor 10, s
59	58	175	Taupunkt °F (avg.)	Faktor 10, s
60	59	116	Windchill-Temperatur °F	Faktor 10, s
61	60	117	Heizungstemperatur Wind °F	Faktor 10, s
62	61	118	Heizungstemperatur Regen °F	Faktor 10, s
63	62	410	Windgeschwindigkeit mph (akt.)	Faktor 10, s
64	63	430	Windgeschwindigkeit mph (min.)	Faktor 10, s
65	64	450	Windgeschwindigkeit mph (max.)	Faktor 10, s
66	65	470	Windgeschwindigkeit mph (avg.)	Faktor 10, s
67	66	490	Windgeschwindigkeit mph (vct.)	Faktor 10, s
68	67	411	Windgeschw. schnell mph	Faktor 10, s
69	68	640	Niederschlag abs. in	Faktor 1000, u, begrenzt auf 25.800 in
70	69	640	Niederschlag diff. in	Faktor 10000, u, begrenzt auf 3.9370in
71	70	840	Niederschlagsintens. in/h	Faktor 10000, u, begrenzt auf 6.5534 in

Reg. Nr.	Reg. Adr.	Wert (UMB-Kanal)	Bereich	Skalierung, signed/unsigned, Anmerkungen
		Weitere Messwerte		
72	71	205	Absolute Luftfeuchte (akt.)	Faktor 10, s
73	72	225	Absolute Luftfeuchte (min.)	Faktor 10, s
74	73	245	Absolute Luftfeuchte (max.)	Faktor 10, s
75	74	265	Absolute Luftfeuchte (avg.)	Faktor 10, s
76	75	210	Mixing Ratio (akt.)	Faktor 10, s
77	76	230	Mixing Ratio (min.)	Faktor 10, s
78	77	250	Mixing Ratio (max.)	Faktor 10, s
79	78	270	Mixing Ratio (avg.)	Faktor 10, s
80	79	300	Abs. Luftdruck (akt.)	Faktor 10, s
81	80	320	Abs. Luftdruck (min.)	Faktor 10, s
82	81	340	Abs. Luftdruck (max.)	Faktor 10, s
83	82	360	Abs. Luftdruck (avg.)	Faktor 10, s
84	83	405	Windgeschwindigkeit km/h (akt.)	Faktor 10, s
85	84	425	Windgeschwindigkeit km/h (min.)	Faktor 10, s
86	85	445	Windgeschwindigkeit km/h (max.)	Faktor 10, s
87	86	465	Windgeschwindigkeit km/h (avg.)	Faktor 10, s
88	87	485	Windgeschwindigkeit km/h (vct.)	Faktor 10, s
89	88	415	Windgeschwindigkeit kts (akt.)	Faktor 10, s
90	89	435	Windgeschwindigkeit kts (min.)	Faktor 10, s
91	90	455	Windgeschwindigkeit kts (max.)	Faktor 10 , s
92	91	475	Windgeschwindigkeit kts (avg.)	Faktor 10, s
93	92	495	Windgeschwindigkeit kts (vct.)	Faktor 10, s
94	93	406	Windgeschw. schnell km/h	Faktor 10, s
95	94	416	Windgeschw. schnell kts	Faktor 10, s
96	95	403	Windgeschw. Standardabw. m/s	Faktor 100, s
97	96	413	Windgeschw. Standardabw. mph	Faktor 100, s
98	97	503	Windrichtung Standardabw.	Faktor 100, s
99	98	114	Feuchtkugeltemperatur °C (akt)	Faktor 10, s
100	99	119	Feuchtkugeltemperatur °F (akt)	Faktor 10, s
101	100	215	Spezifische Enthalpie (akt)	Faktor 10, s
102	101	310	Luftdichte (akt)	Faktor 1000,s
103	102	710	Blattnässe mV (akt)	Faktor 1
104	103	730	Blattnässe mV (min)	Faktor 1
105	104	750	Blattnässe mV (max)	Faktor 1
106	105	770	Blattnässe mV (avg)	Faktor 1
107	106	711	Blattnässe Zustand (akt)	Faktor 1
108	107	101	Externe Temperatur °C (akt)	Faktor 10, s
109	108	106	Externe Temperatur °F (akt)	Faktor 10, s
		Reserve		

Sensor-Status:
In jedes Register werden vier Statusinformationen kodiert, mit 4bit pro Status, so dass jeweils vier Statusinformationen eine 16bit-Zahl bilden. Die in der Tabelle angegebene Reihenfolge versteht sich vom höchstwertigen Halbbyte zum niedrigstwertigen. Für die meisten Sensoren der Kompaktwetterstation gibt es zwei Status-Werte, einen für den Sensor und den aktuellen Messwert, einen weiteren für den Puffer, aus dem die Mittel-, Min.- und Max.-Werte ermittelt werden.

Anordnung der Statusinformationen in den Status-Registern

Register	**Byte**	**Halb-Byte**	**Status**
Sensorstatus 1	High	High	Temperatur-Puffer
		Low	Temperatur
	Low	High	Taupunkt-Puffer
		Low	Taupunkt
Sensorstatus 2	High	High	Rel.-Feuchte-Puffer
		Low	Rel.-Feuchte
	Low	High	Abs.-Feuchte-Puffer
		Low	Abs.-Feuchte
Sensorstatus 3	High	High	Mixing-Ratio-Puffer
		Low	Mixing-Ratio
	Low	High	Luftdruck-Puffer
		Low	Luftdruck
Sensorstatus 4	High	High	Wind-Puffer
		Low	Wind
	Low	High	Niederschlag
		Low	Kompass
Sensorstatus 5	High	High	Globalstrahlung-Puffer
		Low	Globalstrahlung
	Low	High	Blattnässe-Puffer
		Low	Blattnässe
Sensorstatus 6	High	High	
		Low	Externe Temperatur
	Low	High	
		Low	

Beispiel Sensorstatus 1:
Temperatur-Puffer-Status, Temperatur-Status, Taupunkt-Puffer-Status, Taupunkt-Status

High Byte		Low Byte	
High	Low	High	Low
Temperatur-Puffer	Temperatur	Taupunkt-Puffer	Taupunkt
5	3	0	7

Die obigen Beispielwerte (nur zur Illustration, die angegebene Kombination wird in der Praxis nicht auftreten) werden zum Registerwert 0x5307 = 21255 zusammengefasst.
Die einzelnen Statusinformationen werden aus dem Registerwert zurückgewonnen als ganzzahliger Anteil von
Status 1 = Register / 4096
Status 2 = (Register / 256) AND 0x000F
Status 3 = (Register / 16) AND 0x000F
Status 4 = Register AND 0x000F

Die folgende Tabelle zeigt die Kodierung des Status in die Halb-Bytes:

Kodierung des Sensorstatus:

Sensorzustand	**Code**
OK	0
UNGLTG_KANAL	1
E2_CAL_ERROR E2_CRC_KAL_ERR FLASH_CRC_ERR FLASH_WRITE_ERR FLASH_FLOAT_ERR	2
MEAS_ERROR, MEAS_UNABLE	3
INIT_ERROR	4
VALUE_OVERFLOW CHANNEL_OVERRANGE VALUE_UNDERFLOW CHANNEL_UNDERRANGE	5
BUSY	6
Anderer Sensorzustand	7

20 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Sensorik 12
Abb. 2: Mastbefestigung 21
Abb. 3: Kennzeichnung Norden 22
Abb. 4: Ausrichtung Norden 22
Abb. 5: Montage-Skizze 24
Abb. 6: Anschlussstecker 25
Abb. 7: Anschluss an ISOCON-UMB 26
Abb. 8: Sensorauswahl 28
Abb. 9: Allgemeine Einstellungen 29
Abb. 10: Einstellungen Temperatur, Feuchte und Lüfter 29
Abb. 11: Einstellungen Druck 30
Abb. 12: Einstellungen Wind 30
Abb. 13: Einstellung Regenmesser (Radar) 31
Abb. 14: Einstellung Regenmesser (Kippwaage) 31
Abb. 15: Einstellung Energie-Management 32
Abb. 16: Niederschlagsmenge zurücksetzen 33
Abb. 17: Kanäle Messwertabfrage 34
Abb. 18: Beispiel Messwertabfrage 34
Abb. 19: Betriebsarten der Geräteheizung 37
Abb. 20: WS601-UMB mit abgenommenem Trichter 40
Abb. 21: WS200-UMB 46
Abb. 22: WS300-UMB 46
Abb. 23: WS301-UMB 47
Abb. 24: WS400-UMB 48
Abb. 25: WS401-UMB 49
Abb. 26: WS500-UMB 50
Abb. 27: WS501-UMB 51
Abb. 28: WS600-UMB 52
Abb. 29: WS601-UMB 53
Abb. 30: Anschluss des Blattnässe-Sensors 57
Abb. 31: Einstellung des Blattnässe Schwellwerts 58
Abb. 32: Einstellung Art des externen Sensors 59
Abb. 33: Beispiel WS501-UMB und WTB100 60
Abb. 34: Sensor Konfiguration SDI-12 73
Abb. 35: Sensor Konfiguration SDI-12 Einheiten 73

21 Stichwortverzeichnis

A

Abmessungen 41
Abstand Gegenstände 23
Anschlüsse 25
ASCII-Protokoll 67
Aufstellungsort 23
Auslieferungszustand 28
Ausrichtung nach Norden 22

B

Bestellnummern 7
Bestimmungsgemäße Verwendung 5
Betriebsarten 35
Betriebsbedingungen 42
Binär-Protokoll 64
Blattnässe 11, 20, 57

C

CRC-Berechnung 66

D

Datenabfrage 64
Deklination 30

E

Energie-Management 32
Energiesparmodus 35, 66
Enthalpie 11, 15
Entsorgung 56
Error-Codes 66, 69
Externe Kippwaage 11, 59
Externe Sensoren 25, 26
Externer Temperatursensor 11, 59

F

Fehlerbeschreibung 55
Fehlerhafte Verwendung 5
Feuchte 14
Feuchtkugeltemperatur 11, 15
Firmwareupdate 39

G

Genauigkeit 43
Geräte-ID 64, 65
Gewährleistung 5, 56
Gewicht 41
Globalstrahlung 11, 19

H

Heizung 11, 19, 25, 26, 37, 41

I

Inbetriebnahme 27
ISOCON-UMB 26

K

Kanalliste 61
Kanalliste nach TLS2002 63
Klassen-ID 64, 65
Kommunikation 64, 67, 70, 73, 114
Kompass 11, 17, 30
Konfiguration 28
Konformitätserklärung 54

L

Lagerbedingungen 42
Lieferumfang 6
Luftdichte 11, 15
Luftdruck 10, 14
Lüfter 29
Lufttemperatur und Luftfeuchte 10

M

Messbereich 43
Messwertabfrage (UMB-Config-Tool) 34
Messwertausgabe 14
Messwerte 13
Modbus 114
Montage 21

N

Netzteil 25
Niederschlag 11, 18
Niederschlagsmenge zurücksetzen 33
Normen 54

O

Ortshöhe 30

R

relativer Luftdruck 30

S

Schnittstelle 25, 42
Schutzart 42
SDI-12 Modus 73
Sensorik 12
Sicherheitshinweise 5

T

Technische Daten 41
Technischer Support 56
Temperatur 14
Terminal-Mode 70
Test 28

U

UMB-Config-Tool 28, 34

V

Versorgungsspannung 25
Verwendete Symbole 5

W

Wartung 39
Werkseinstellung 28
Windmessung 11, 16

Z

Zeichnungen 46
Zubehör 9

Leere Seite aus drucktechnischen Gründen.

Leere Seite aus drucktechnischen Gründen.

Leere Seite aus drucktechnischen Gründen.

G. Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH

Gutenbergstraße 20
70736 Fellbach

Postfach 4252
70719 Fellbach
Deutschland

Tel: +49 711 51822-0
Hotline: +49 711 51822-52
Fax: +49 711 51822-41
E-Mail: info@lufft.de

48.7230-WSX
Dokumentversion V23 (11/2012)